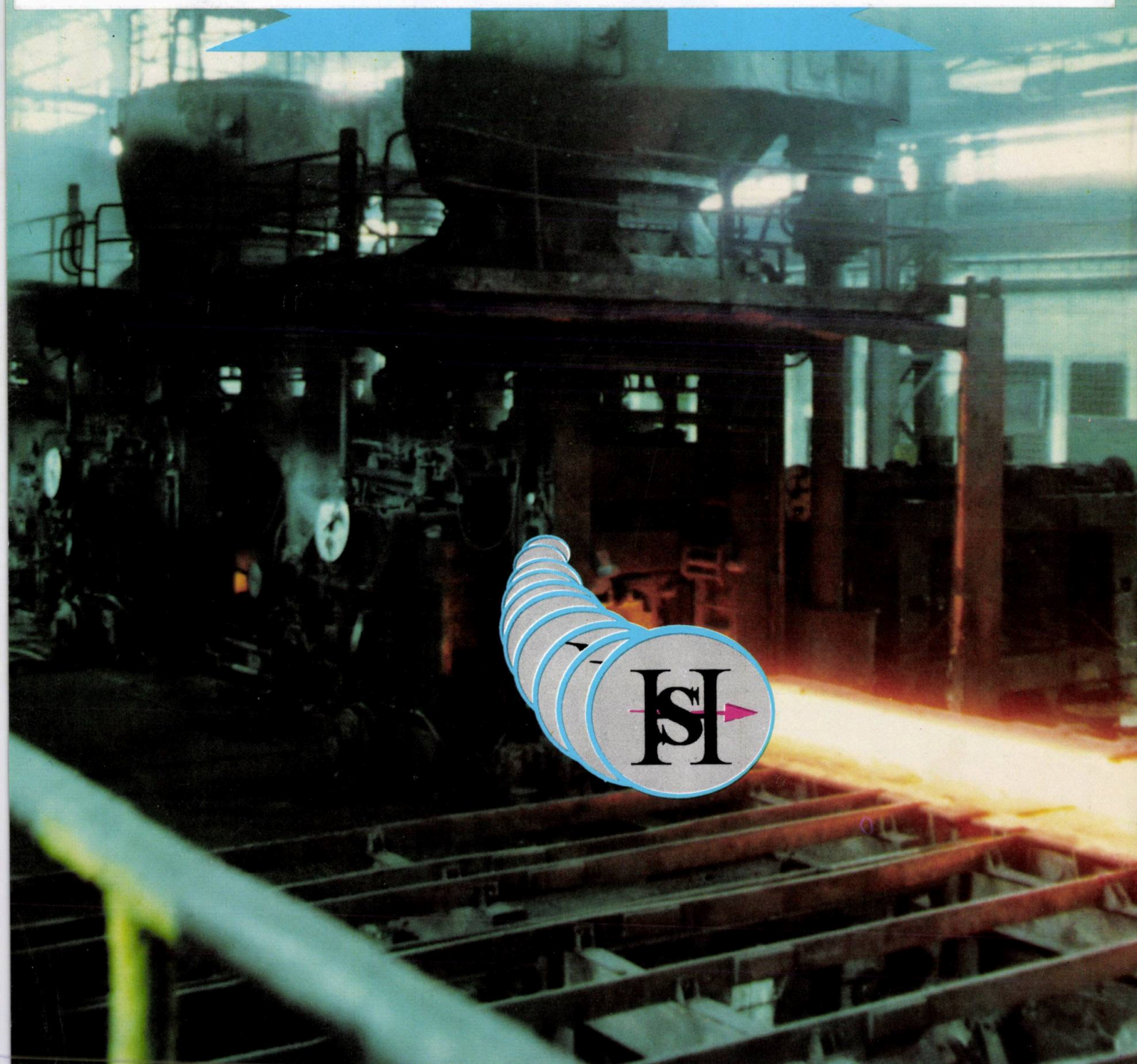
METALURGIA

Revista lunara editata de S.C. SIDERURGICA S.A.

E 3280

1 - 2

1994



THE WEIGHTY WORD
OF IRON & STEEL INDUSTRY

S.C. SIDERURGICA S.A.
HUNEDOARA

COMBINATUL SIDERURGIC GALATI
SIDEX
ROMANIA

Sidex

Iron and Steel Complex of Galati

Manufactures and exports for you

ORSZÁGOS KÖZPONTI MŰSZAKI KÖNYVTÁR INFORMÁCIÓS 1983

Hot Rolled Flat Products

- Ordinary steel strips and plates for constructions
- Fine grained steel strips nad plates for welded constructions
- Atmospheric corrosion resistant steel strips and plates
- Shipbuilding steel plates
- High quality carbon steel strips and plates for machine building
- Steel plates for boilers and pressure vessels
- Steel strips and plates for cold bending and deep drawing
- Steel strips and plates for side bars and other parts with small bending radius
- Steel plates for mining equipment
- Stainless steel strips and plates and refractory steel for nuclear and aeronautical industry
- Steel strips and plates for automobile rims

Other Products

- Liquid and gas oxygen
- Liquid and gas nitrogen
- Liquid and gas argon
- Granulated blast-furnace slag
- Non-iron slag

Steel Semi-products

- Continuous cast or rolled slabs
- Continuous cast blooms
- Rolled billets
- Coke-chemical products
- Blast furnace coke
- Ferro-alloys coke
- Fine coke
- Coke-chemical ammonia sulphate
- Concentrated ammonia water
- Coal tar
- Technical ammonia
- Aromatic fractions
- Coke plant technic sulphur
- Pit coal tar
- Pit coal creosote for carbon black
- Coke-chemical absorption oil
- Phenolic fraction
- Crude anthracene
- Naphthalene
- Technical ferric sulphate
- Bitum

Cold Rolled Sheet

- Thin steel strips and sheets for cold formed shapes and welded pipes
- Sheets and strips for deep drawing
- Steel sheets and strips for car industry and ships

A life experience on the steel market and many friends in the steel bussines!

str. Siderurgistilor 1, Galati 6200, Tel:036 43.19.00, Telex 51 257

Infiintata în anul 1980, s. c. SILCOTUB s. a. este amplasata într-o regiune a tarii de un pitoresc aparte.

SILCOTUB S. A. - ZALAU - ROMANIA

Silcotub S. A. datoreaza pozitia sa între fabricantii de tevi fara sudura din România dotarii sale tehnice deosebite, care o situeaza si printre cele mai moderne producatoare de tevi din Europa.

Noutatea tehnologiilor aplicate garanteaza caracteristici superioare pentru produsele noastre:
tevi fara sudura din otel carbon si aliat în gama Φ (16...114)mm diametru, cu grosimi de perete între (1,6...10)mm pentru:

utilizari generale,

industria petrolului si gazului,

industria energetica;

otel beton si sârma de otel, laminate la cald, cu Φ (5,5...12)mm diametru; platbanda de otel cu diferite dimensiuni si cornier.

Silcotub S. A. dispune de echipamente moderne de control nedistructiv (prin ultrasunete), purtând marca NUKEM si de laboratoare capabile sa realizeze toate încercarile mecanice, chimice si metalografice clasice (LEKO, WOLPERT si OUTOKUMPU).

SILCOTUB S. A. - ZALAU

Bd. Mihai Viteazu, nr. 93,
4700 Zalau, jud. Salaj, Romania.
Telex 58266, Fax 40.92.150326,
Tel. 40.92.620720

Office Bucharest
Str. Edgar Quinet, nr. 10,
78000 - Sector 1,
Telefax 40.1.3123765

METALURGIA

REVISTA EDITATA DE "SIDEROM" S. A.

1 - 2
ianuarie - februarie
1994

S u m a r

Raducanu Petre , Dimitriu Sorin: **Modernizarea unei instalatii termice pentru fabricarea fitingurilor în vederea îmbunatatirii regimurilor de functionare (I)** *5*

Leaua Dumitru: **Unele consideratii privind optimizarea parametrilor la fabricarea foilor catodice mama, necesare rafinarii electrodice a cuprului.** *9*

Butnariu Ilie: **Cercetari privind influenta factorilor tehnologici asupra vitezei de decarburare la afinarea cu oxigen a otelurilor inoxidabile austenitice în instalatia VOD.** . *14*

Chira Ion, Moldovan Petru, Mihaela Pana: **Controlul modificarii siluminurilor prin analiza termica.** *21*

Cincu Cornel, Barca Frumuzache, Livia Ion, Augustina Stefanescu: **Obtinerea pirocarbonilor de puritate înalta din polimeri.** *27*

Chira Ion, Sofroni Laurentie, Marginean Ioan: **Compactitatea peretelui pieselor turnate din siluminuri.** *30*

Doina Raducanu: **Un criteriu de control al granulatiei pentru otelul electrotehnic texturat** *35*

Doina Raducanu, Aristotel Gheorghe: **Metoda de calcul pentru functia de distributie a orientarii cristalografice** *38*

Strugari Florea, Moraru Gheorghe: **Simpozionul national de metalurgie.** *42*

Padure Constantin: **S.C. SIDEX S.A. - retrospectiva si relansare economica.** *43*

Petica Eugen, Corindau Ciresica, Frosin Eugen: **Imbunatatirea calitatii lingourilor din otel prin diminuarea gradului de turbionare a jetului la turnarea prin orificiul închizatorului tip sertar** *45*

Dobrescu Grigorie, Luca Constantin: **Concept de SDV cu eliminator pneumatic adaptabil pentru ciocane de forjare libera sau matritoare.** *47*

Ilca Ioan, Doina Frunzaverde: **Studii privind fragilitatea la revenire a otelului 40Cr10.** . . . *51*

Butnariu Ilie: **Cercetari privind influenta factorilor tehnologici asupra vitezei de decarburare la preafinarea cu oxigen a bailor metalice înalt aliate cu crom în cuptorul electric cu arc** *54*

Scurte stiri *20,29,34,41,44,50,53*

Revista revistelor *8, 13, 20, 44*

Traducere : ing. S. Florea

Corectura : Rodica Rosu

Colegiul onorific de redactie

(în ordine alfabetica)

LUCIAN AMANCEI, VICTOR BERTALAN, ION CHIOSE, SORIN DIMITRIU, VICTOR GUIDEA DANAILA, ALEXANDRU FLOREA, EMIL FLORIAN, LADISLAU FRUMOSU, RADU HANGA, PETRE IANC, GHEORGHE LEPADATU, STEFAN MARGINEANU, VIOREL MUNTEANU, PETRE NEDELESCU, OLARU IOAN, MIHAELA PANA, VASILE PARPALA, CRISTIAN PIRVAN, CONSTANTIN POPESCU, BUJOR ROSCA, SILVIU SAMOILESCU, EUGEN SANDU, IOAN FLORENTIN SANDU, HORATIU VODA

Redactor responsabil: prof. dr. ing. I. VÂRCOLACU
Revizie tehnica: prof. dr. ing. I. VÂRCOLACU
Sef CIDMET: ing. Brândusa Florentina Scortea
Redactor: ing. Brândusa Florentina Scortea
Stilizare: Ioana Kuglay
Tehnoredactare computerizata: Lidia Vereanu

Redactia si administratia: Bucuresti, str. Mendeleev, nr.21-25, sector 1, cod 70168, telefon 6594990

Institutiile pot achita abonamentele în contul nostru de virament nr. 30 15 20 201 BCR-SMB. Costul unui abonament: lei 12000 anual. Costul unui exemplar: lei 1000

CIDMET
Centrul de Informare si Documentare pentru Metalurgie
Str. Mendeleev 21 - 25, sector 1
70168 BUCURESTI
tel. 659 49 90
fax: 3124278, 3124276

SIDERCOM - CIDMET editează o serie de publicatii care se transmit firmelor din domeniul metalurgiei si constructiilor de masini din România si din alte tari.

Produsele si tehnologiile, consultanta si asistenta tehnica oferite de firma dumneavoastra pot beneficia de publicitate în materialele periodice pe care le editam si difuzam, cum sunt:

- Revista Metalurgia
- Buletin de Informare Documentara
- Informatii din metalurgia mondiala
- Sumare din reviste straine de specialitate
- Noutati în siderurgie
- Indicatori tehnico-economici

CID

Sumare din reviste est-vest
Diverse publicatii
Traduceri
Carti de vizita
Formularistica de birou

In cazul în care doriti sa va facem publicitate va rugam:
- sa ne transmiteti materialul pentru reclamă în forma pe care o doriti (fotografii, diapozitive color, text, machete etc);
- sa transmiteti suma corespunzatoare publicarii reclamelor dorite la BCR SMB 30152020 Bucuresti

MET

Va stam la dispozitie pentru comunicarea tarifelor actuale

Metalurgia
Cataloage de produse
Prospecte
Bulletin de informare documentara
Sumare documentare
Indicatori tehnico economici
Noutati din siderurgie
Informatii din siderurgia mondiala

MODERNIZAREA UNEI INSTALATII TERMICE PENTRU FABRICAREA FITINGURILOR IN VEDEREA IMBUNATATIRII REGIMURILOR DE FUNCTIONARE

Ing. Petre Raducanu, ing. Sorin Dimitriu - Universitatea "Politehnica" Bucuresti

C. Z. : 621.785

Cuptorul analizat este destinat încalzirii tevii semifabricate în vederea deformarii plastice pentru obtinerea coturilor brute. Teava semifabricat este împinsa pe o scula de forma curba, împingerea fiind realizata cu ajutorul unei prese hidraulice.

Analiza cuptorului de tip deschis (solutia initiala)

In varianata initiala, pentru încalzirea semifabricatului în vederea deformarii plastice pentru obtinerea coturilor brute se foloseste cuptorul de tip deschis. Flacara este îndreptata spre capatul dornului, iar gazele sunt dirijate înapoi. Gazele care circula din partea superioara de-a lungul tevii creeaza un gradient de temperatura necesar realizarii procesului dorit (fig. 1).

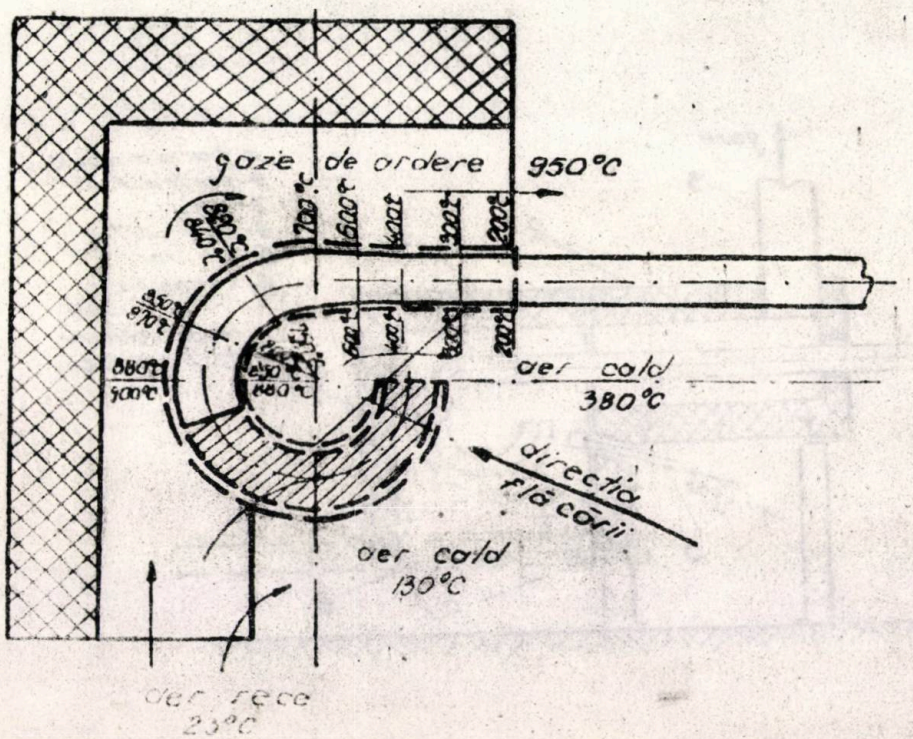
Analiza acestei solutii constructive pune în evidenta urmatoarele:

» *sistemul de încalzire are un randament foarte mic, prezentând o puternica pierdere prin radiatie directa datorita zonei deschise;*

» *constructia deschisa a cuptorului determina o puternica circulatie ascendenta a aerului rece de la partea inferioara spre cea superioara, ceea ce înseamna o mare pierdere de caldura pentru încalzirea acestei cantitati de aer;*

» *temperatura gazelor evacuate la partea superioara este ridicata, impunând masuri pentru recuperarea caldurii.*

Pentru marirea eficientei instalatiei se impune în primul rând realizarea unei constructii închise,



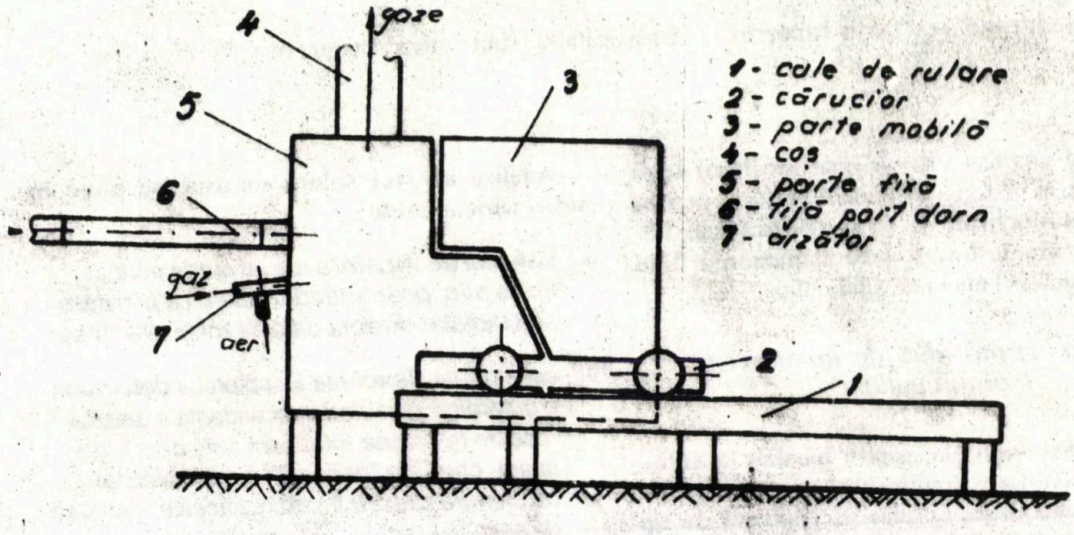

gaze
4
5
3
6
gaz
7
aer
2
1
1 - cale de rulare
2 - cărucior
3 - parte mobilă
4 - coș
5 - parte fixă
6 - tijă port dorn
7 - arzător

Fig. 2

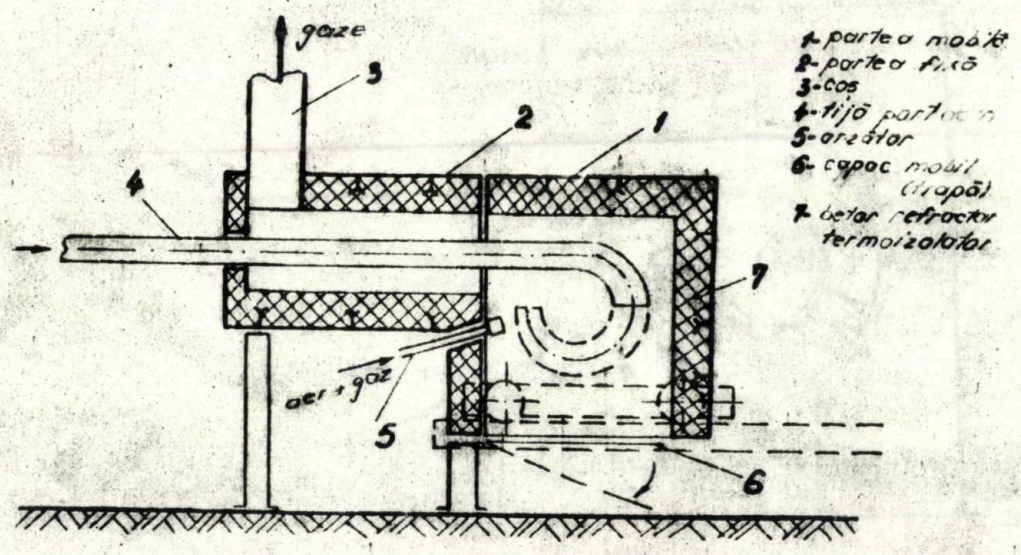

gaze
3
2
1
4
7
aer + gaz
5
6
1 - parte mobilă
2 - parte fixă
3 - coș
4 - tijă port
5 - arzător
6 - capac mobil
(dopă)
7 - beton refractar
termoizolator

Fig. 3

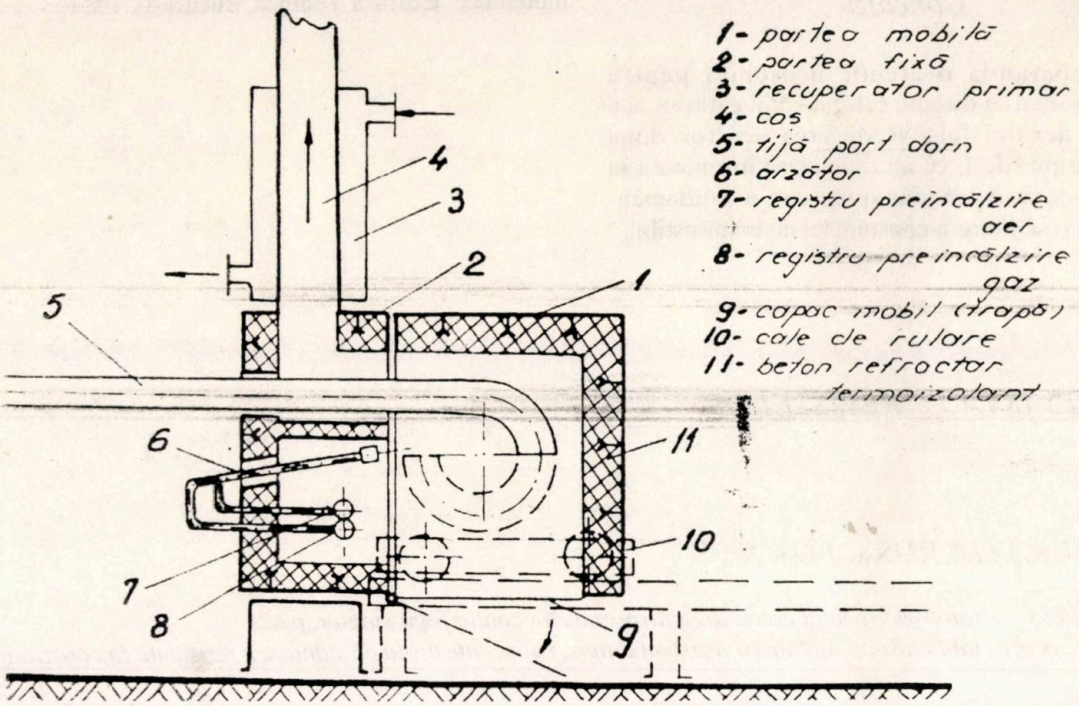


Fig. 4

reducându-se astfel în mod sensibil pierderile prin radiatie catre exterior. De asemenea se impune o recuperare a energiei din gazele de ardere.

Solutiile propuse trebuie sa îndeplineasca anumite conditii, si anume: sa realizeze un gradient de temperatura impus; sa aiba posibilitatea schimbarii dornului si a tijelor prin deplasarea cuptorului; sa permita colectarea piesei finite care cade sub dorn; sa permita accesul în interior pentru eliminarea rebuturilor.

In acest sens se impune ca solutie cuptorul de tip închis, cu o parte fixa ce contine arzatorul si eventualele recuperatoare de caldura si o parte mobila care sa permita accesul la interiorul cuptorului. Se prezinta în continuare trei variante de baza.

Analiza variantelor propuse

In figura 2 se prezinta varianta I (cuptorul de tip deschis) care utilizeaza integral instalatia initiala si unde apare corpul fix ce contine arzatorul si cosul pentru evacuarea gazelor arse. La partea inferioara constructia este închisa cu o trapa care poate fi deschisa fie sub actiunea greutatii piesei, fie prin comanda manuala.

Varianta a II-a este prezentata în figura 3 . Se observa o suprafata plana de îmbinare între partea fixa si cea mobila, ceea ce reduce zonele de neetanseitate fata de varianta I si deci conduce la o micsorare a pierderilor de caldura prin radiatie. La aceasta varianta s-a prevazut o zona de preîncalzire a materialului cu ajutorul gazelor.

In varianta a III-a (fig.4) este prevazuta posibilitatea recuperarii energiei din gazele de ardere. Pe cos s-a montat direct un recuperator, iar în partea fixa s-au montat registre pentru preîncalzirea aerului si a combustibilului.

Toate variantele au fost prevazute cu o garnitura de azbest menita sa asigure etansarea între partea fixa si cea mobila, închiderea realizându-se cu ajutorul unor zavoare. Trebuie sa se aiba în vedere ca si închiderea si deschiderea repetata a cuptorului sa nu conduca la o degradare rapida a acestei garnituri. Pentru urmarirea modului de încalzire a materialului

si pentru reglajul arzatorului se impune dotarea cuptorului cu cel putin un pirometru care sa permita masurarea temperaturii semifabricatului în zona de deformare plastica.

Concluzii

Se recomanda o atentie deosebita pentru reducerea radiatiei directe catre mediul exterior si a circulatiei aerului fals. Reducerea acestor doua categorii de pierderi, ce au o pondere însemnata în bilant (37%), va determina o crestere a randamentului si deci o scadere a consumului de combustibil.

BIBLIOGRAFIE

[1] **Carabogdan I.G.**: Instalatii termice industriale, Editura Tehnica, Bucuresti, 1978
[2] **Leca A.** s.a.: Tabele,nomograme si formule termotehnice. Editura Tehnica, Bucuresti, 1987

REVISTA REVISTELOR

STAL, FEDERATIA RUSA, 1993, Nr. 3

- Modernizarea liniei tehnologice pentru executarea dispozitivelor contra fugii sinelor, p.62
- Otel economic pentru tabla de automobile cu rezistenta mare, capacitate buna de stantare si rezistenta la coroziune, p.63
- Influenta regimurilor de tratament termic al otelurilor pentru constructii asupra durabilitatii sculelor la gaurire si frezare, p.68
- Dilatatia termica a aliajelor amorfe invare Fe-B, p.71
- Sistemul de impozitare a beneficiului intreprinderii, p.76
- Utilaje si tehnologii pentru colectarea si prelucrarea deseurilor de metale în regiunile greu accesibile, p.79
- Activitatea de protectie a mediului la C.M. Celeabinsk, p.82
- Instalatie pentru fabricarea vermiculitului expandat cu protectie automata, p.86

GIESSEREI, GERMANIA, 1993,Nr.14

- Turnatorii de fonta, otel si malcabile - aprilie '93. Cifra de afaceri a scazut cu 1/5, p.445
- Situatia turnatoriilor de neferoase, p. 447
- Asigurarea calitatii si-cresterea productivitatii la turnarea sub presiune prin reglarea temperaturii formei (partea a II-a), p.451
- Al 14-lea congres de turnare sub presiune a zincului demonstreaza nivelul calitativ ridicat al turnatorilor germani, p. 459
- A 42-a adunare ordinara a membrilor GDM (Uniunea turnatorilor germani de neferoase) - Bad Nanheim, p. 449
- A 14-a conferinta internationala pentru turnarea sub presiune - Solihull, Birmingham - Marea Britanie, p.456
- A 37-a Conferinta a turnatorilor austrieci - Leoben, p. 463
- Probleme juridice, p. 466
- Sinteza bibliografica despre cuptoare electrice de topire, de mentinere la temperatura si pentru turnare (28), p. 467
- Scurte informatii tehnice si economice, p. 473 si 476

UNELE CONSIDERATII PRIVIND OPTIMIZAREA PARAMETRILOR LA FABRICAREA FOILOR CATODICE MAMA, NECESARE RAFINARII ELECTROLITICE A CUPRULUI

Dumitru Leaua - S. C. CEPRONEF S. A. Baia Mare

C.Z.: 669.3

Purificarea pe cale electrolitica a cuprului este precedata de rafinarea termica si turnarea în anozi. In urma rafinarii termice, cuprului turnat în anozi i se confera calitatea înscrisa în tabelul 1.

Pentru cuprul utilizat în electrotehnica, nivelul impuritatilor trebuie sa fie mult mai scazut, ceea ce nu este posibil de obtinut în faza de rafinare termica.

In special Sb, As, S si Bi trebuie reduse sub valori de $5x10^{-3}$; valorile mari scad conductibilitatea, cresc fragilitatea, facând practic imposibila trefilarea la diametre mici.

In tabelul 2 se prezinta calitatea cuprului rafinat electrolitic catozi (k) si turnat în bare (b).

Tabelul 1

Compozitia chimica a cuprului turnat pentru anozi, %
Anode cast copper chemical composition, %

Cu	Sb	As	Pb	Fe	Bi	S	Ni	Sn	Zn
99,0-99,3	0,1-0,2	0,05-0,1	0,05-0,15	0,06-0,2	0,002-0,04	0,03-0,05	0,03-0,08	0,015-0,02	0,02-0,08

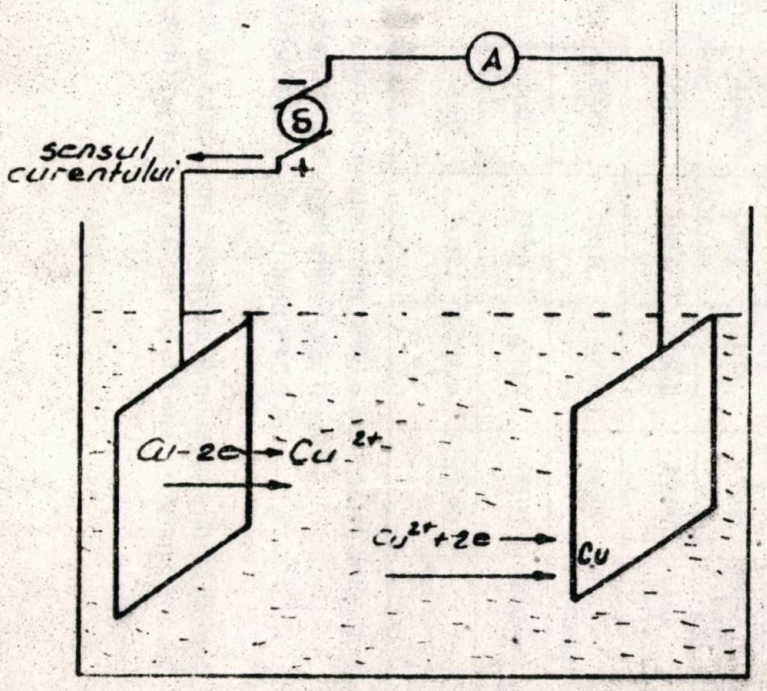


Fig. 1
Schema celulei de electroliza cu doi electrozi
Electrolytic cell with two electrodes

Comparând valorile impuritatilor din tabelul 2 cu cele din tabelul 1, rezulta ca, în cuprul catozi si bare, totalul acestora poate fi admis la maximum 0,05%, nivel ce nu poate fi atins prin rafinarea termica, impunându-se obligatoriu purificarea electrolitica.

Pe de alta parte, este cunoscut faptul ca metalele pretioase si rare (Au, Ag, Se, Te) în procesul de topire se colecteaza în cupru brut, de unde pot fi recuperate numai prin procedeul de rafinare electrolitica.

Motivat de cele doua aspecte (puritatea cuprului si recuperarea metalelor pretioase), rafinarea cuprului pe cale electrolitica s- a impus ca o faza obligatorie în fluxul de elaborare a metalului.

Rafinarea electrolitica consta în dizolvarea anodica a cuprului si descarcarea ionilor de cupru la catod. Schematic se prezinta în figura 1.

Bacul (celula) de electroliza în care are loc procesul este umplut cu o solutie de sulfat de cupru si acid sulfuric (170-200 g/l H_2SO_4 si 40-50 g/1 Cu) în care se imerseaza electrozii.

Tabelul 2

Calitatea marcilor de cupru rafinat electrolitic
Electrolytic refined copper qualities

Marca	Modul de obtinere	Cu + Ag, % min.	Impuritati, % max.										
			Bi	Sb	As	Fe	Ni	Pb	Sn	S	O_2	Zn	P
Cu 99,99 K	cupru catodic; electrolitic	99,99	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	0,001	0,0005	0,002	-	0,0004	-
Cu 99,97 K	cupru catodic; electrolitic	99,97	0,001	0,002	0,004	0,004	0,002	0,003	0,002	0,003	-	0,003	-
Cu 99,95 K	cupru catodic; electrolitic	99,95	0,001	0,003	0,005	0,005	0,002	0,005	0,002	0,004	-	0,004	-
Cu 99,98 b	cupru fara oxigen, turnat continuu	99,98	0,008	0,002	0,004	0,004	0,0008	0,002	0,0008	0,004	0,002	0,002	0,001
Cu 99,97 b	cupru fara oxigen, turnat continuu	99,97	0,001	0,002	0,004	0,004	0,001	0,002	0,001	0,004	0,003	0,003	0,002
Cu 99,95	cupru turnat continuu	99,95	0,001	0,004	0,005	0,005	0,002	0,004	0,002	0,004	-	0,004	0,003
Cu 99,90	cupru din retopirea catozilor	99,90	0,002	0,002	0,0005	0,005	0,002	0,005	0,002	0,004	*	0,005	-
Cu 99,90 p	cupru dezoxidat cu fosfor	99,90	0,002	0,002	0,005	0,005	0,002	0,005	0,002	0,005	-	0,005	0,005-0,012
Cu 99,50	cupru din retopirea deseurilor	99,50	0,003	0,05	0,05	0,05	0,4	0,05	0,05	0,01	-	-	-

* Continutul de oxigen admis este :- max. 0,08% pentru lingouri cu masa > 1t
- max. 0,05% pentru lingouri cu masa ≤ 1t
- max. 0,04% pentru lingouri cu destinatie speciala

OBSERVATII : 1. Semnul (-) din tabel semnifica faptul ca impuritatea nu se determina
2. Determinarea impuritatilor la Cu 99,99 K se face prin metoda cu absorbtie atomica sau prin analiza cu raze x

Anodul este cupru brut, iar catodul o foaie (catod mama) de cupru curat.

Celula se conecteaza la o sursa de curent continuu de o asemenea valoare încât între electrozi apare o diferenta de potential în jur de 0,25-0,3 V (valoare la care electrozii se polarizeaza), ceea ce duce la declansarea procesului de dizolvare anodica si depunere catodica.

Reactiile primare ce au loc sunt:

La anod (oxidare)

$$Cu - 2e \rightarrow Cu^{2+}$$

La catod (reducere)

$$Cu^{2+} + 2e \rightarrow Cu$$

Asupra procesului de rafinare electrolitica, un rol important il joaca suportul catodic mama.

Suportul catodic mama trebuie sa raspunda urmatoarelor exigente:

- *sa fie format dintr-o structura compacta (depunere microcristalina);*
- *pe ambele parti suprafata sa fie neteda;*
- *prin rigidizare sa-si mentina verticalitatea;*
- *stantarea urechilor sa asigure un contact electric bun;*
- *sa aiba dimensiuni usor mai mari fata de anozi.*

Primele trei aspecte sunt mai usor de îndeplinit daca se apeleaza la pregatirea suportilor prin decupare din tabla laminata.

Daca însa tinem seama de faptul ca laminatele de cupru costa de 1,4 ori mai mult decât foile obtinute prin depunere electrolitica, rezulta ca din considerente economice preocuparea pentru fabricarea suportilor prin procedeul electrolitic este justificata.

Ultimele doua aspecte nu depind de provenienta suportului.

Obtinerea suporturilor (foi catodice) prin depunere electrolitica se realizeaza în celule de electroliza, electrozii fiind imersati într-o solutie de sulfat de cupru si acid sulfuric, solutie ce constituie electrolitul.

Anozii sunt din cupru brut, iar catozii din tabla de cupru laminata, de grosime 4 - 5 mm. Înainte de introducerea în celule catozii (matritele) se ung pe ambele fete cu un amestec de motorina si unsoare.

Prima conditie este ca depozitul (ce va constitui placa mama) sa fie dens si neted; suprafata matritelor sa nu prezinte asperitati sau denivelari, deoarece progresarea depozitului catodic spre solutie este diferita, dependenta de defectele suprafetei catodului.

Proeminentele si scobiturile suprafetei suportului reprezinta zone cu concentrari diferite ale liniilor de curent. De exemplu, pe proeminente, concentrarea liniilor de curent este mai mare si astfel aceste zone vor progresa preferential, ducând la aparitia depozitelor aciculare sau ramificate.

Prevenirea aparitiei acestor forme de depozit (foi catodice) se face prin slefuirea matritelor (periodic sau când apar defecte pe suprafata acestora).

- **Concentratia ionilor în solutie**

Când o celula de electroliza se cupleaza la sursa de curent continuu, apare un potential diferit de cel de echilibru, iar aceasta se polarizeaza. Diferenta dintre potentialul ce apare o data cu concentrarea la sursa de curent continuu si potentialul în situatia de echilibru se numeste suprapotential. Relatia care defineste suprapotentialul este de forma:

$$\eta = \Delta\phi - \Delta\phi_e$$

unde: η este suprapotentialul;

$\Delta\phi$ - potentialul în conditii de polarizare;

$\Delta\phi_e$ - potentialul în conditii de echilibru.

Suprapotentialul este de mai multe tipuri (de transfer de sarcina, de transport de masa, de reactie, de cristalizare), fiecare din ele având valoare mai mare atunci când viteza procesului la care se refera este mai mica decât celelalte.

Când ne referim la concentratia solutiei electrolitice, avem în vedere suprapotentialul de transport de masa, evidentiat atunci când viteza de transport a ionilor de la anod la suprafata de depunere este mult mai mica decât a celorlalte etape ce compun procesul. Un suprapotential de transport marit apare deci la concentratii de ioni mai mici în filmul catodic, ceea ce favorizeaza aparitia unui numar marit de germeni de cristalizare. Numarul marit de germeni de cristalizare duce la o depunere microcristalina compacta.

De aceea, pentru obtinerea pe matrite a unor depozite (foi catodice) dense cu structura microcristalina, concentratia ionilor de cupru în solutie trebuie pastrata la 30-35 g/l, inferioara celei de la celulele de productie.

- **Temperatura solutiei electrolitice**

In celulele de electroliza în general, deci si în caz particular (celule pentru fabricarea foilor catodice), înainte de conectarea la sursa de curent continuu, ionii ce iau nastere prin dizolvarea electrolitului sunt încarcati electric în numar egal si de semn contrar si imprima solutiei electrolitice un "comportament neutru".

In momentul conectarii la sursa de curent se imprima ionilor deplasarea dorita, deplasare care are loc prin difuzie, migrare si, într-o proportie scazuta, prin convectie.

Cresterea temperaturii ridica gradul de solvatare si creste mobilitatea ionilor, micsorând astfel suprapotentialul de transport de masa.

Asa cum s-a aratat, formarea unui numar mare de germeni de cristalizare (depunere microcristalina densa) are loc la valori mai ridicate ale suprapoten-

tialului. Rezulta deci ca ridicarea temperaturii este defavorabila pentru calitatea foilor catodice.

Cresterea temperaturii influenteaza însa pozitiv conductibilitatea electrolitului, deci consumul de curent. Dependenta dintre temperatura si conductibilitate la o concentratie oarecare a electrolitului în intervale mici de temperatura se poate calcula cu ajutorul relatiei:

$$\lambda_t = \lambda_{to}[1 + \alpha(t - t_o) - \beta(t-t_o)^2]$$

unde: α si β sunt coeficienti empirici:

λ_t si λ_{to} sunt conductibilitati la t si t_o.

Scopul urmarit fiind obtinerea unor foi catodice cu structura microcristalina densa, temperatura trebuie mentinuta la valori de 40-45^{0}C, în ciuda unui consum mai ridicat de energie.

- **Debitul de circulatie al electrolitului**

O crestere a debitului de circulatie micsoreaza supraptentialul global prin faptul ca reduce participarea componentei de transport de masa. Aceasta micsorare de suprapotential va duce la formarea de depozite macrocristaline, **motiv pentru care procesul de obtinere a foilor catodice se stabileste la un debit de circulatie de 12-15 l/minut si celula** (la dimensiunile celulelor industriale din dotarea societatilor comerciale din tara noastra).

Este o valoare minima, dictata de mentinerea temperaturii stabilite si de contributia la împiedicarea fenomenelor de pasivare.

Chiar si la aceasta valoare a debitului de circulatie, scaderea suprapotentialului ne duce în domeniul depunerilor macrocristaline. Pentru prevenire se apeleaza la adaosul de substante superficial active în solutia electrolitica.

- **Influenta adaosului de inhibitori**

Inhibitorii sunt substante organice superficial active care, adaugate în electrolit, se depun pe proeminente, micsorând efectul de crestere preferentiala al acestora. Marind suprapotentialul de depunere, adaosul potrivit de inhibitori contribuie la formarea unui numar mai mare de germeni de cristalizare, având loc o depunere microcristalina, compacta, deci o calitate dorita a depunerii (foi catodice).

- **Influenta altor ioni din solutia electrolitica**

Impuritatile din cupru anodic au comportament diferit în procesul de rafinare electrolitica, deci si în cazul producerii foilor catodice.

Astfel Fe si Ni, având potential de electrod electronegativ, se vor dizolva preferential din anod, formând în solutia electrolitica compusi solubili.

Cumularea acestora în solutie electrolitica devine daunatoare pentru depunere la valori de 2 g/l Fe si 10-15 g/l Ni.

Pb si Sn se dizolva anodic, dar în solutie electrolitica precipita si se depun pe fundul celulelor, formând împreuna cu alte elemente namolul anodic.

Bi, As, Sb au potentialul standard de electrod în domeniul pozitiv, mai mic decât al cuprului, dar foarte apropiat de acesta. Ele se dizolva anodic, se solubilizeaza în electrolit, însa la anumite concentratii precipita formând "namol plutitor". Circulatia electrolitului si o densitate de curent mai ridicata sunt factori care concura la înglobarea acestor elemente în depozitul catodic, conferind foilor mama o fragilitate nedorita. Pentru acest motiv, tinând seama si de temperatura mai scazuta a electrolitului la fabricarea foilor mama, care favorizeaza precipitarea la concentratii mai mici, continutul acestor elemente trebuie limitat la 0,5 g/l Sb, 0,15 g/l Bi si 2-3 g/l As.

Compusii sulfului cu cupru, seleniurile si telururile de cupru si argint, precum si metalele nobile si platinice, nu se dizolva electrochimic, ci se desprind din anod sub forma de particule fine ce se depun pe fundul celulelor ca namol anodic.Argintul fiind eletropozitiv poate forma în solutia electrolitica sulfat de argint, compus solubil, putându-se depune mecanic la catod. Fenomenul poate fi prevenit prin adaos de sare (NaCl), când are loc precipitarea clorurii de argint, care se depune în namolul anodic.

La fabricarea foilor mama, matritele se scot si se introduc zilnic (perioada catodica 24 ore) putând avea loc tulburarea electrolitului, prin deranjarea namolului anodic depus pe fundul celulelor. Daca se tine seama si de posibilitatea de aparitie a namolului plutitor, rezulta ca se impune filtratea în flux continuu a electrolitului, precum si o densitate de curent moderata, nu mai mare de 180-190 A/m^2. La densitati de curent mai mari, fluxul de ioni de cupru, în drumul lor de la anod spre catod, poate antrena namol plutitor si/sau particule fine din namolul anodic tulburat, favorizând înglobarea în catod, impurificând depunerea, respectiv aparitia unor foi mama fragile.

- **Uniformitatea stratului de unguent**

Peliculizarea matritelor prin perierea amestecului de motorina- vaselina necesita multa manopera, iar stratul aplicat este neuniform.

Aplicarea stratului de unguent prin imersare înlatura inconvenientele metodei actuale.

Pentru netezirea fetelor foilor mama, presarea lor dupa croire este un procedeu adecvat.

In scopul evitarii scurtcircuitelor, este important ca foile mama ce se introduc în celulele de productie sa-si pastreze verticalitatea.

Prin valtuire se imprima foilor canale de rigidizare. Pentru pastrarea verticalitatii, canalele de rigidizare nu trebuie sa fie liniare într-un singur sens. Formele preferabile de imprimare sunt fagure sau rombic.

Foilor mama li se aplica prin stantare urechi, în vederea suspendarii de teava conductoare.

Un contact electric bun se realizeaza atunci când între ureche si foaia mama nu ramane spatiu liber.

O presiune adevarata a masinii de stantat si o structura microcristalina a foilor mama si a urechilor sunt conditii optime pentru realizarea unui contact electric bun.

Concentrarea liniilor de curent la marginile catozilor favorizeaza depuneri nodulare.

Prin concepţia constructiva a rafinariilor de cupru se are în vedere ca dimensiunile catozilor mama sa fie cu ceva mai mari decât anozii, în vederea prevenirii impedimentului aratat.

Croirea unor foi mama de dimensiuni mai reduse, conducand la depuneri marginale nodulare, este deci contraindicata.

BIBLIOGRAFIE

[1] **I. Radoi** si col.: Electrochimie. Ed. Facla Timisoara, 1974
[2] **L. Oniciu:** Chimie Fizica, Electrochimie. Ed Didactica si Pedagogica, Bucuresti, 1976
[3] **I.A.Atanasiu:** Manual de electrochimie. Ed. Didactica si Pedagogica, Bucuresti, 1963
[4] **Ligia Stoica** si col.: Chimie pentru Metalurgi. Ed Tehnica, Bucuresti, 1987
[5] **P. Moldovan** si col.: Tehnologii metalurgice. Ed Didactica si Pedagogica, Bucuresti, 1984
[6] **I. Constantin**: Metalurgia cuprului (I - II), I.P.B. 1989

REVISTA REVISTELOR

GIESSEREI, GERMANIA, 1993, Nr.15

Congresul turnatorilor germani 1993. Industria turnatoriei în transformare. Solutii pentru depasirea crizei concurentei internationale, p.493
- Turnatoriile germane în anul 1993, în cadrul sistemului european de relatii, p. 494
- Situatia economica a turnatoriilor de neferoase în anul 1993, p.503
- Schimbari în conducerea DGV si VDG , p. 504
- Congresul turnatorilor germani 1993 - Distinctii acordate de VDG, p.506
- Premieri în întrecerea: "A construi cu materiale turnate", p.507
- Congresul turnatorilor germani - rezumatele comunicarilor, p.509
- A 84-a adunare a membrilor VDG , p.511
- Cercetari asupra influentei unui tratament termic efectuat imediat dupa turnare si solidificare, asupra caracteristicilor aliajelor turnate de aluminiu, de înalta rezistenta, p.518
- Bibliografie, p.522
- Sinteza bibliografica: Cubilouri, p.523
- Scurte informatii tehnice si economice, p.525

GIESSEREI, GERMANIA 1993, Nr.16

- Turnatorii de fonta, otel si maleabile - mai 1993. Depresiunea continua, p.541
- Analiza deranjamentelor la instalatii automate de formare. Partea a II-a. Masuri pentru restrângerea deranjamentelor de origine tehnica si organizatorica, p.543
- Fabricatia miezurilor din materiale legate cu argila pentru instalatia automata de formare-turnare, p.549
- Conditii de munca mai bune în turnatoriile de precizie, p.553
- Schimb de experienta REFA - Giesserei '93. Productie slaba. Notiuni noi despre metode verificate, p.556
- Sinteza bibliografica anuala: Mecanizarea fabricatiei formelor si miezurilor (29), p.558
- Informatii tehnice si economice, p.560

CERCETARI PRIVIND INFLUENTA FACTORILOR TEHNOLOGICI ASUPRA VITEZEI DE DECARBURARE LA AFINAREA CU OXIGEN A OTELURILOR INOXIDABILE AUSTENITICE IN INSTALATIA VOD

Dr. ing. Ilie Butnariu - Universitatea "Politehnica" Bucuresti

C.Z.: 669.15 - 194.56

In vederea stabilirii unor corelatii ale diferitilor factori (cinetici, termodinamici si tehnologici) care influenteaza regimul carbonului s-a utilizat ca functie tehnologica de proces viteza de decarburare.

Pentru analiza acestei functii tehnologice de proces s-au folosit datele experimentale si calculate de la 15 sarje de otel inoxidabil austenitic prezentate în tabelul 1.

Din analiza datelor prezentate se constata o variatie în limite restrânse a compozitiei chimice si a temperaturii initiale a baii metalice la începerea tratamentului VOD, limite având urmatoarele valori:

» variatia continutului de siliciu initial: $[Si]_i$ = 0,13-0,27%;

» variatia continutului de mangan initial $[Mn]_i$ = 1,18-1,75%;

» variatia continutului de carbon initial: $[C]_i$ = 0,22-0,43%;

» variatia continutului de crom initial: $[Cr]_i$ = 16,50-20,0%;

» variatia continutului de carbon oxidat în timpul decarburarii cu oxigen în vid $\Delta[C]_2$, calculata ca diferenta dintre continutul de carbon initial $[C]_i$ si continutul de carbon la oprirea insuflarii oxigenului $[C]_o$ în instalatia VOD: $\Delta[C]_2$ = 0,17-0,38% ($\Delta[C]_2 = [C]_i - [C]_o$);

» variatia temperaturii initiale: θ_i = 1560-1605^{0}C.

De asemenea s-a constatat ca parametrii imsuflarii oxigenului (debitul, presiunea, înaltimea si timpul de insuflare), debitul de argon si variatia nivelului vidului în timpul insuflarii oxigenului au variat în limite largi, si anume:

- *variatia timpului de insuflare a oxigenului:* τ_{O_2} = *31-41 min;*
- *variatia debitului de oxigen insuflat:* D_{O_2} = *0,153-0,570 Nm^3/t•min;*
- *variatia depresiunii vidului calculata ca diferenta dintre presiunea vidului la începutul insuflarii oxigenului* $P_v(O_2)_i$ *si la sfârsitul insuflarii oxigenului:* $P_v(O_2)_f$ ($\Delta P_{v_1} = P_{vO_2(i)} - P_{vO_2(f)}$) : ΔP_{v_1} = 29 – 62*torr;*
- *variatia înaltimii de insuflare a oxigenului:* h_{O_2} = *0,6-1,6 m;*
- *variatia presiunii de insuflare a oxigenului:* P_{O_2} = *8-10 atm;*
- *variatia debitului de argon insuflat:* D_{Ar} = *0,00086-0,00387 Nm^3/t • min.*

S-a considerat ca ecuatia pentru prima functie tehnologica de proces are forma:

$$y = f([Si]_i,[Mn]_i,[C]_i,[Cr]_i,\Delta[C]_2,\theta_i,\tau_{O_2},D_{O_2},\Delta P_{v_1},h_{O_2},P_{O_2},D_{Ar}) \qquad (1)$$

unde Y este functia de proces, adica viteza de decarburare, %C/min.

Valorile vitezei de decarburare calculate cu relatia:

$$v_c = \frac{\Delta[\%C]_2}{\Delta\tau}, \quad \%C/\min \qquad (2)$$

în care $\Delta[\%C]_2$ reprezinta variatia continutului de carbon în intervalul de timp dintre prelevarea a doua probe consecutive, respectiv $\Delta[\%C]_2 = [\%C]_i - [\%C]_0$, %; $\Delta\tau$ - durata de timp dintre prelevarea a doua probe consecutive, respectiv $\Delta\tau = \tau_{O_2}$, min sunt prezentate în tabelul 2.

In urma efectuarii calculelor pentru coeficientii de corelatie partiala simpla de sondaj s-au obtinut valorile prezentate în tabelul 3.

Din anexa 3 [1] pentru n = 13 si α = 0,05 s-a extras valoarea t_T = 2,16. Deci, parametrii pentru care te

Tabelul 1

Nr. sarja / Parametru	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
[Si]$_i$, %	0,21	0,18	0,25	0,21	0,18	0,27	0,21	0,24	0,13	0,19	0,16	0,13	0,15	0,17	0,22
[Mn]$_i$, %	1,75	1,30	1,29	1,45	1,37	1,35	1,45	1,48	1,63	1,59	1,41	1,48	1,52	1,18	1,60
[C]$_i$, %	0,31	0,28	0,32	0,26	0,31	0,25	0,27	0,22	0,36	0,28	0,40	0,40	0,39	0,43	0,25
[Cr]$_i$, %	18,25	17,70	20,00	19,10	18,0	17,60	17,15	18,55	18,24	18,00	16,50	18,20	17,60	16,70	17,85
Δ[C]$_2$, %	0,25	0,22	0,25	0,19	0,26	0,20	0,22	0,17	0,30	0,22	0,35	0,33	0,33	0,38	0,20
θ_i, °C	1575	1595	1590	1575	1585	1590	1590	1560	1595	1560	1605	1580	1595	1590	1570
τ_{O_2}, min.	41	31	36	35	37	33	34	37	36	33	39	34	37	37	36
D_{O_2}, Nm^3/t • min	0,156	0,285	0,503	0,539	0,434	0,286	0,312	0,153	0,325	0,459	0,294	0,416	0,505	0,570	0,163
ΔP_v, torr	50	60	43	29	43	42	32	33	35	50	57	59	51	57	62
h_{O_2}, m	0,9	0,7	0,8	0,7	0,9	0,8	0,8	0,6	0,9	0,7	0,8	0,8	0,8	0,8	1,0
P_{O_2}, atm	10	9	10	8	10	9	10	9	8	9	10	10	10	9	10
D Ar, Nm^3/t • min	0,00143	0,00242	0,00321	0,00310	0,00267	0,00232	0,00185	0,00086	0,00097	0,00164	0,00292	0,00321	0,00240	0,00387	0,00086

Tabelul 2

Nr. sarja	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
vc, %C/min	0,0086	0,0105	0,0100	0,0083	0,0096	0,0100	0,0100	0,0071	0,0103	0,0096	0,0117	0,0114	0,0106	0,0131	0,0080

Tabelul 3

Coeficient de corelatie	$r_{v_c, [Si]_i}$	$r_{v_c, [Mn]_i}$	$r_{v_c, [C]_i}$	$r_{v_c, [Cr]_i}$	$r_{v_c, \Delta[C]_2}$	r_{v_c, θ_i}	$r_{v_c, \tau_{O_2}}$	$r_{v_c, D_{O_2}}$	$r_{v_c, \Delta P_{V_1}}$	$r_{v_c, h_{O_2}}$	$r_{v_c, P_{O_2}}$	$r_{v_c, D_{Ar}}$
Valoare	-0,560	-0,524	0,843	- 0,545	0,853	0,694	- 0,078	0,518	0,453	0,089	0,113	0,675
t_c	2,436	2,217	5,649	2,341	5,900	3,480	0,283	2,186	1,834	0,322	0,410	3,298

Tabelul 4

Coeficienti de determinare	$R_{v_c, [Si]_i}$	$R_{v_c, [Mn]_i}$	$R_{v_c, [C]_i}$	$R_{v_c, [Cr]_i}$	$R_{v_c, \Delta[C]_2}$	R_{v_c, θ_i}	$R_{v_c, D_{O_2}}$	$R_{v_c, D_{Ar}}$
Valoare	0,313	0,274	0,711	0,297	0,728	0,482	0,269	0,456

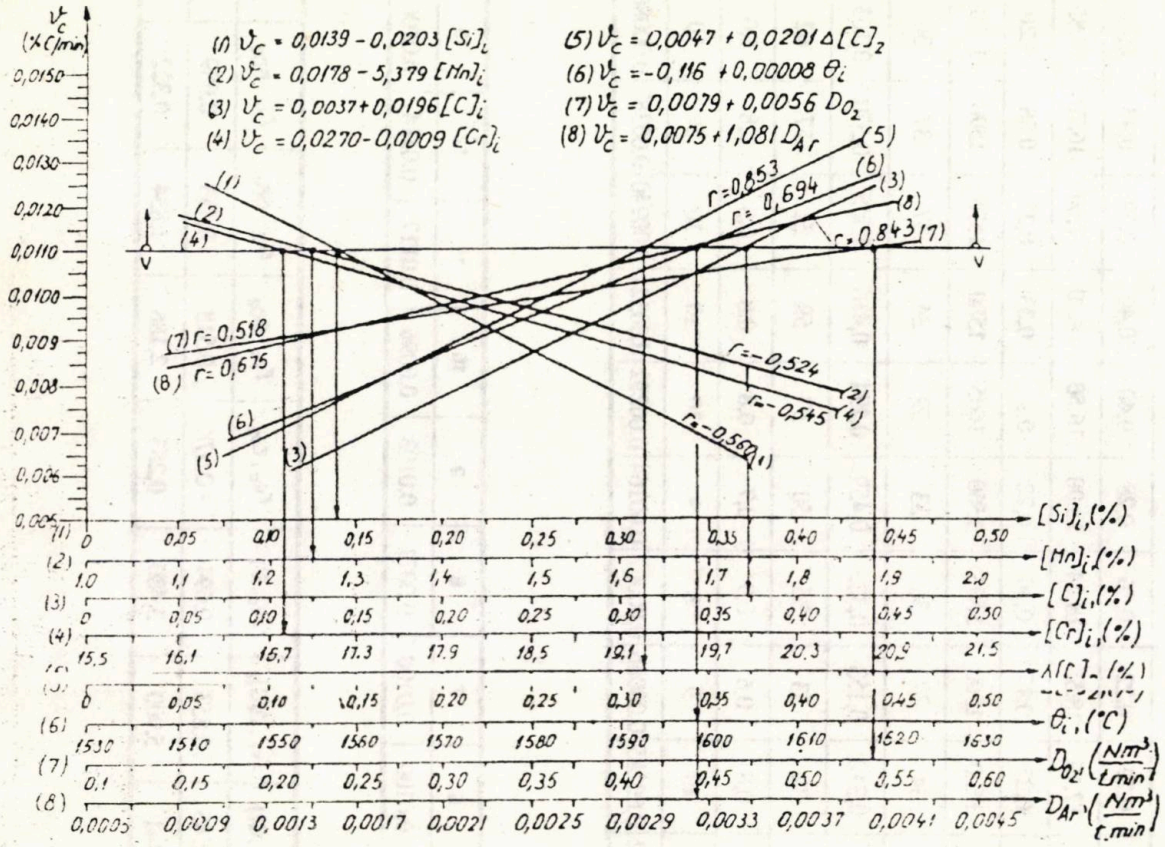


Fig. 1

Variatia vitezei de decarburare în perioada decarburarii cu oxigen în vid în functie de fiecare parametru tehnologic de influenta
Rate variation in vacuum oxygen decarburating with each process parameter

Pentru stabilirea ponderii de influenta a fiecaruia dintre acesti factori fata de functia de proces Y (viteza de decarburare) s-au calculat coeficientii de determinare ($R_{x_jY} = r^2_{x_jY}$) prezentati în tabelul 4.

Se constata ca ponderea de influenta a parametrilor scade în urmatoarea ordine:
$\Delta[C]_2$, $[C]_i$, θi, D_{Ar}, $[Si]_i$, $[Cr]_i$, $[Mn]_i$, D_{O_2}.

Acelasi lucru se poate observa si din diagrama de variatie a vitezei de decarburare în functie de fiecare parametru tehnologic în parte, prezentata în figura 1.

Utilizând programul propriu s-au calculat coeficientii ecuatiei de regresie, aceasta având forma:

$$v_c = 0{,}011326 + 0{,}00675[Si]_i - 0{,}0051[Mn]_i + 0{,}10601[C]_i - 0{,}00109[Cr]_i - 0{,}09052\Delta[C]_2 + 0{,}00001\theta_i + 0{,}00138D_{O_2} - 0{,}55606D_{Ar}.$$

Cu ajutorul ecuatiei s-a determinat indicele de corelatie multipla $r_{Y \bullet X_1 \ldots X_5} = 0{,}972$. Valoarea acestuia atesta faptul ca modelul realizat este bun si ca parametrii alesi exprima în proportie de 97,2% variatia vitezei de decarburare.

Din analiza figurii 1 în care sunt reprezentate grafic prelucrarile statice ale datelor rezulta o serie de concluzii importante privind influenta diferitilor factori tehnologici asupra vitezei de decarburare în instalatia VOD, în timpul perioadei de decarburare cu oxigen în vid.

Influenta continutului initial de siliciu. Valoarea coeficientului de corelatie (r = -0,560) arata ca exista o corelatie între viteza de decarburare si continutul initial de siliciu; dreapta de regresie obtinuta (1) având panta negativa, rezulta ca viteza de decarburare scade odata cu cresterea continutului de siliciu initial. Într-adevar, un continut ridicat de siliciu la începerea procesului de decarburare cu oxigen în vid face ca decarburarea sa nu înceapa imediat cu viteza maxima posibila, rezultând un interval de decarburare nestationara a carui durata depinde de temperatura initiala a baii metalice si de continutul initial de siliciu si având ca prim efect o anumita oxidare a cromului la începutul afinarii cu oxigen. De asemenea, cresterea continutului de siliciu initial peste o anumita valoare duce la întârzierea amorsarii reactiei de decarburare, la cresterea oxidarii cromului si la cresterea duratei perioadei de decarburare cu oxigen în vid.

Influenta continutului initial de mangan. Valoarea coeficientului de corelatie (r = -0,524) arata ca exista o corelatie între continutul initial de mangan si viteza de decarburare; dreapta de regresie obtinuta (2) având panta negativa, rezulta ca viteza de decarburare scade odata cu cresterea continutului initial de mangan, un continut prea ridicat de mangan întârziind amorsarea reactiei de decarburare.

Influenta continutului initial de carbon. Valoarea coeficientului de corelatie (r = 0,843) arata ca exista o corelatie între viteza de decarburare si continutul initial de carbon; dreapta de regresie obtinuta (3) având panta pozitiva, rezulta ca viteza de decarburare creste odata cu cresterea continutului initial de carbon, aceasta crestere fiind remarcabila dupa amorsarea reactiei de decarburare, în etapa a doua de decarburare intensa si depinzând de alimentarea cu oxigen.

Influenta continutului initial de crom. Valoarea coeficientului de corelatie (r = -0,543) arata ca exista o corelatie între viteza de decarburare si continutul initial de crom; dreapta de regresie obtinuta (4) având panta negativa, rezulta ca viteza de decarburare scade odata cu cresterea continutului initial de crom. Astfel, în prima etapa, imediat dupa începerea insuflarii oxigenului, în timpul perioadei de decarburare nestationara se produce o oxidare mai intensa a cromului, oxidare care este cu atât mai mare cu cât continutul de crom initial este mai mare, întârziindu-se astfel amorsarea reactiei de decarburare.

In cea de-a doua etapa, în timpul decarburarii intense oxidarea cromului este relativ redusa iar în etapa a treia, abia la atingerea unor continuturi scazute de carbon, creste din nou oxidarea cromului. Continutul initial de crom influenteaza desfasurarea fazelor individuale de viteza la oxidarea cromului în timpul procesului de afinare, o crestere a acestuia conducând la o oxidare mai intensa a cromului într-un interval mai lung de timp, fapt care duce la întârzierea desfasurarii reactiei de decarburare cu viteza mare si implicit la scaderea vitezei de decarburare.

Influenta variatiei cantitatii de carbon oxidat $\Delta[C]_2$. Valoarea coeficientului de corelatie (r = 0,853) arata ca exista o puternica corelatie între viteza de decarburare si cantitatea de carbon care se oxideaza; dreapta de regresie obtinuta (5) având panta pozitiva, rezulta ca viteza de decarburare creste odata cu cresterea cantitatii de carbon oxidat.

Influenta temperaturii initiale. Valoarea coeficientului de corelatie (r = 0,694) arata ca exista o corelatie între viteza de decarburare si temperatura initiala; dreapta de regresie obtinuta (6) având panta pozitiva, rezulta ca viteza de decarburare creste odata cu cresterea temperaturii initiale, aspect care concorda cu datele teoretice, reactia de oxidare a carbonului fiind favorizata de cresterea temperaturii.

Din analiza datelor experimentale rezulta ca temperatura initiala scade putin la începutul procesului, dupa care creste aproape liniar în timpul insuflarii oxigenului, ca urmare a reactiilor de oxidare, dupa care, în perioada autodecarburarii în vid, scade.

Influenta debitului de oxigen insuflat. Valoarea coeficientului de corelatie (r = 0,675) arata ca exista o corelatie între viteza de decarburare si debitul de oxigen insuflat având valori peste 0,1 $Nm^3/t \cdot min$; dreapta de regresie obtinuta (7) având panta pozitiva rezulta ca viteza de decarburare creste liniar odata cu cresterea debitului de oxigen insuflat în intervalul de variatie 0,1 - 0,6 $Nm^3/t \cdot min$.

Aceasta constatare confirma faptul ca, în etapa a doua, a decarburarii intense, viteza de decarburare este direct proportionala cu debitul de oxigen insuflat si cu toate ca în prima etapa atinge valoarea maxima dupa un anumit timp de la atingerea valorii maxime a debitului iar în etapa a treia nu depinde de debitul de oxigen, totusi pe întreaga durata viteza de decarburare este influentata puternic de cresterea debitului de oxigen.

Influenta debitului de argon insuflat. Valoarea coeficientului de corelatie (r = 0,675) arata ca exista o dependenta între viteza de decarburare si debitul de argon insuflat; dreapta de regresie obtinuta (8) având panta pozitiva, rezulta ca viteza de decarburare creste liniar odata cu cresterea debitului de argon insuflat în intervalul 0,0005 - 0,0045 $Nm^3/t \cdot min$.

Cresterea debitului de argon insuflat duce la barbotarea puternica a otelului, la cresterea suprafetei de reactie si deci la marirea vitezei de decarburare.

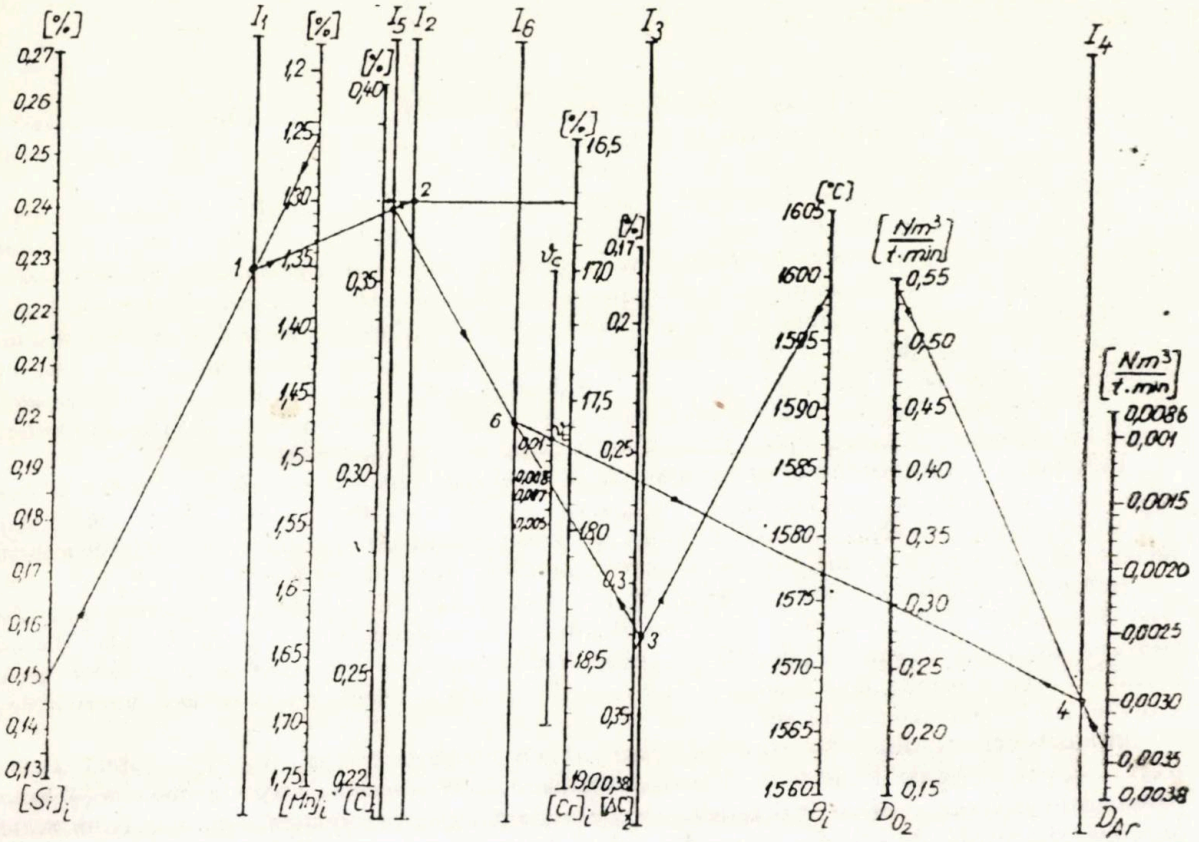


Fig. 2

Nomograma pentru determinarea vitezei de decarburare în perioada decarburarii cu oxigen în vid
Nomogram for calculating vacuum oxygen decarburazing rate

Pentru obtinerea unor viteze de decarburare în limitele celor prevăzute în literatura de specialitate [2], de 0,0110 - 0,0120 ^{0}C/min caracteristice clasei de oteluri studiate, dar superioare valorii medii a vitezei de decarburare experimentale de 0,0099% C/min, urmarindu-se în principal scurtarea duratei perioadei de decarburare cu oxigen în vid si micsorarea arderii cromului, s-au stabilit luând în considerare reprezentarile grafice din figura 1 urmatoarele valori ale parametrilor tehnologici, rezultate din intersectia dreptei orizontale V-V trasate la nivelul inferior al vitezei de decarburare de 0,0110^{0}C/min cu dreptele de regresie:

$[Si]_i \leq 0,14\%$; $[Mn]_i \leq 1,25\%$; $[Cr]_i \leq 16,8\%$; $\Delta[C]_2 \geq 0,32\%$; $\theta_i \geq 1599^0$C; $D_{Ar} \geq 0,032$Nm^3/t•min;
$[C]_i \geq 0,37\%$; $D_{O_2} \geq 0,54$ Nm^3/t•min.

Cu ajutorul relatiei (4) s-a calculat si trasat nomograma de lucru pentru determinarea vitezei de decarburare în perioada de decarburare cu oxigen în vid (eroare de determinare $\varepsilon = 0,05\%$), prezentata în figura 2.

Ordinea de introducere a variabilelor în nomograma este urmatoarea: continutul de siliciu initial $[Si]_i$, %; continutul de mangan initial $[Mn]_i$, %; continutul de carbon initial $[C]_i$, %; continutul de crom initial $[Cr]_i$, %; variatia arderii carbonului $\Delta [C]_2$, %; temperatura initala θ_i, ^{0}C; debitul de oxigen insuflat D_{O_2}, Nm^3/t•min si debitul de argon D_{Ar}, Nm^3/t•min.

Modul de lucru este urmatorul: se unesc printr-o dreapta, în ordinea stabilita mai sus, valorile primei perechi de variabile ($[Si]_i$, $[Mn]_i$). Punctul rezultat la intersectia cu scara intermediara I_1 se noteaza cu 1. Se unesc apoi printr-o dreapta valorile celei de-a doua perechi de variabile ($[C]_i$, $[Cr]_i$) si punctul rezultat la intersectia dreptei cu scara intermediara I_2 se noteaza cu 2. Se uneste 1 cu 2 si la intersectia dreptei 12 cu scara intermediara I_5 se obtine punctul 5.

Se unesc printr-o dreapta valorile celei de-a treia perechi de variabile ($\Delta [C]_2$,θ_i) si la intersectia cu scara intermediara I_3 se obtine punctul 3. Se uneste punctul 3 cu 5 si la intersectia dreptei 35 cu scara intermediara I_6 se obtine punctul 6. Se unesc printr-o dreapta valorile celei de-a patra perechi de variabile (D_{O_2}, D_{Ar}) si la

intersectia cu scara intermediara I_4 se obtine punctul 4. Se uneste punctul 4 cu 6 si la intersectia dreptei $\overline{46}$ cu scara vitezei de decarburare rezulta valoarea cautata a vitezei de decarburare.

De exemplu, pentru valorile parametrilor tehnologici $[Si]_i = 0,15\%$, $[Mn]_i = 1,25\%$, $[C]_i = 0,37\%$, $[Cr]_i = 16,75\%$, $\Delta[C]_2 = 0,335\%$, $\theta_i = 1599^0C$, $D_{O_2} = 0,54$ Nm^3/t • min si $D_{Ar} = 0,0034$ Nm^3/t • min rezulta o viteza de decarburare de $0,0105^0$C/min.

Pentru parametrii care nu au dat valori ale coeficientilor de corelatie liniara peste 0,5, s-a plecat de la premisa ca exista o variatie neliniara a acestora fata de functia obiectiv. S-au analizat un numar de 16 posibilitati de variatie neliniara, alegându-se pentru fiecare parametru tehnologic considerat o ecuatie de variatie pentru care suma abaterilor medii patratice dintre valorile calculate cu ajutorul ecuatiei si valorile experimentate obtinute în punctele respective a fost cea mai mica. De asemenea, s-a considerat ca intervalul de variatie luat pentru studiul variatiei debitelor de oxigen (D_{O_2}) si de argon (D_{Ar}) a fost limitat, aceasta variatie putând fi neliniara pe un interval extins catre valori foarte mici. Datorita acestui motiv, pe lângâ ceilalti parametri, a fost analizata si o posibila variatie neliniara a acestor parametri.

S-a constatat ca în unele cazuri nu s-a putut face nici o corelatie liniara sau neliniara între functia obiectiv si parametrul tehnologic respectiv (τ_{O_2}, ΔP_{V_1} *si* P_{O_2}).

Pentru parametrii insuflarii oxigenului (debitul de oxigen si înaltimea de insuflare) si debitul de argon insuflat s-au stabilit corelatii neliniare cu functia obiectiv (viteza de decarburare).

Astfel, pentru debitul de oxigen a rezultat o ecuatie de forma:

$$v_c = 0,0124 D_{O_2}^{0,209} \qquad (5)$$

pentru înaltimea de insuflare a oxigenului rezulta o ecuatie de forma:

$$v_c = -0,087 h_{O_2}^2 + 0,14 h_{O_2} - 0,047 \qquad (6)$$

iar pentru debitul de argon insuflat rezulta o ecuatie de forma:

$$v_c = \frac{27,75}{\frac{1}{D_{Ar}} + 2307,24} \qquad (7)$$

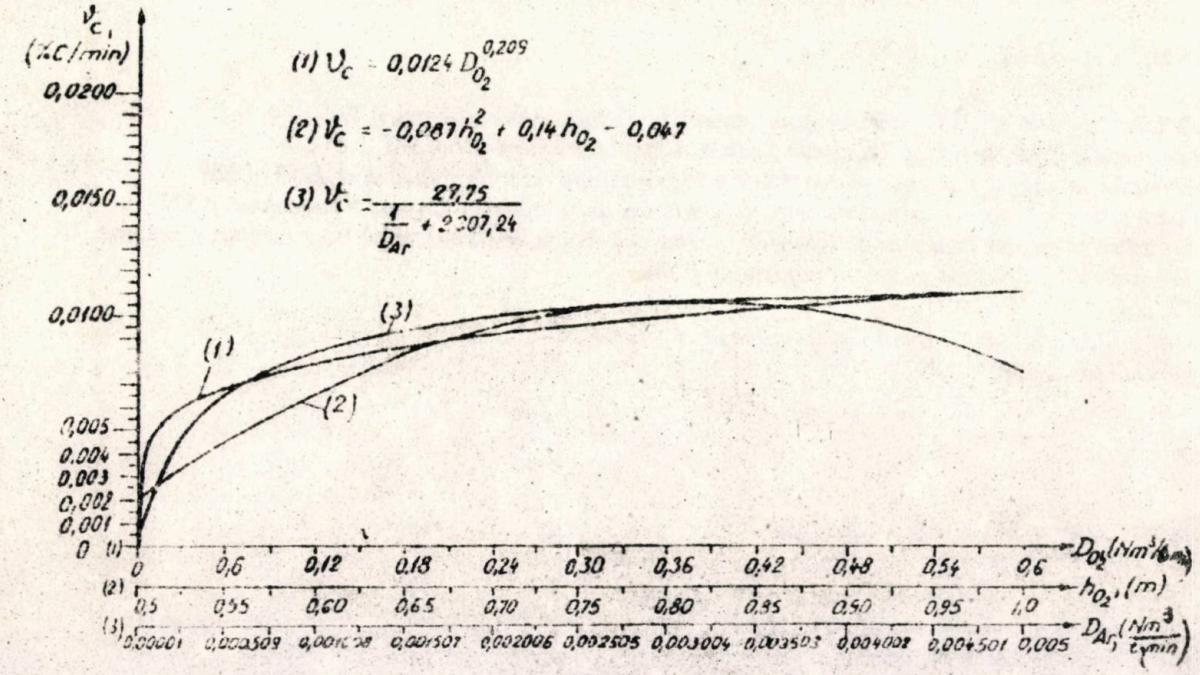


Fig. 3

In figura 3 se reprezinta grafic modul de variatie a vitezei de decarburare din perioada decarburarii cu oxigen în vid în functie de debitul de oxigen insuflat, înaltimea de insuflare a oxigenului si debitul de argon insuflat.

Din analiza figurii 3 rezulta o serie de concluzii importante privind influenta unor factori tehnologici asupra vitezei de decarburare din perioada decarburarii cu oxigen în vid.

Influenta debitului de oxigen insuflat. Dupa o scurta perioada nestationara viteza de decarburare creste puternic odata cu cresterea debitului de oxigen insuflat pâna la valori de circa 0,06 $Nm^3/t \cdot min$, dupa care creste lent, pastrându-se aproape constanta.

Influenta debitului de argon insuflat. Viteza de decarburare creste odata cu cresterea debitului de argon insuflat pâna la valori de circa 0,00050 $Nm^3/t \cdot min$, dupa care cresterea este lenta. Acest lucru se explica prin cresterea, la începutul procesului, a suprafetei de reactie datorita barbotarii, coroborata si cu un potential mare de oxigen la frontul de reactie.

Influenta înaltimii de insuflare a oxigenului. Viteza de decarburare creste odata cu cresterea înaltimii de insuflare a oxigenului pâna la o anumita valoare, dupa care scade. Din grafic rezulta o înaltime de insuflare de 0,75-0,85 m pentru care viteza de decarburare are valori maxime.

BIBLIOGRAFIE

[1] **Taloi D.** s.a: *Optimizarea proceselor metalurgice*. Bucuresti, Editura Didactica si Pedagogica,1983
[2] **Borodin D.I.** s.a: Imbunatatirea tehnologiei elaborarii otelului anticorosiv prin rafinarea cu oxigen în vid. In:Stal,1986,nr.1,p.35

REVISTA REVISTELOR

GIESSEREI, GERMANIA, 1993, Nr.17

- S.U.A. - Tehnica turnatoriei '93 (Congresul anual American Foundrymen's Society), p.571
- Calatorie de studii a VDS în S.U.A. Productie slaba în turnatoriile americane, p.573
- Turnatoriile de fonta, otel si maleabile - iunie '93. S-a atins minimul recesiunii? Înca sunt dubii, p.576
- Tehnica conducerii procesului si asigurarea calitatii la turnare, dupa exemplul turnarii de neferoase, p.579
- Analiza lucrarilor si studiul factorilor de influenta, pentru activitatile de curatire a pieselor turnate, din forme întarite cu rasini sintetice, în cazul gazificarii modelului, p.584
- Bibliografie, p.591
- Sinteza bibliografica anuala: Procedee si dispozitive de curatire, p.592
- Scurte informatii tehnice, p.599

SCURTE STIRI

Romenet V.A. si Vegman E.F.

Estimarea comparativa a eficientei utilizarii combustibilului în furnale si în instalatiile de reducere a fierului în faza lichida . In: Stal, Federatia Rusa, 1993, nr.1, p.7-11

Estimarea comparativa este posibila în cazul utilizarii complexe a indicatorilor care caracterizeaza [illegible] a carbonului, randamentul carbonului si al caldurii în furnal, ca si evacuarea totala a

CONTROLUL MODIFICARII SILUMINURILOR PRIN ANALIZA TERMICA

Dr. ing. Ion Chira, conferentiar - Universitatea "Politehnica" Bucuresti
Dr. ing. Petru Moldovan, profesor - Universitatea "Politehnica" Bucuresti
Ing. Mihaela Pana - Universitatea "Politehnica" Bucuresti

C. Z.: 620.18

Transformarile de faza se produc la anumite temperaturi critice, cu efecte termice; aceste elemente caracteristice - temperaturile critice si efectele termice - pot fi determinate prin analiza termica AT. Efectele calorice insemnate sunt masurate prin analiza simpla ATS, iar cele de valori scazute sunt sesizate comparativ între un etalon si proba propriu-zisa, prin analiza termica diferentiala ATD (fig.1).

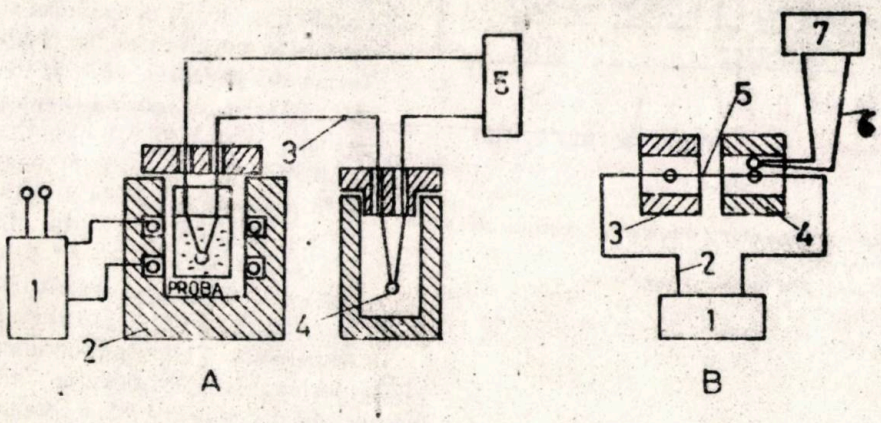


Fig. 1

Schema de principiu pentru analiza termica simpla ATS (a) si diferentiala ATD (b): a - ATS (1 - transformator; 2 - cuptor încalzire; 3 - termocuplu; 4 - sudura rece a termocuplului; 5 - înregistrator); b - ATD (1 - galvanometru cu oglinda; 2 - termocuplu diferential Pt Rh; 3 - proba etalon; 4 - proba analizata; 5 - cablu compensatie din Pt; 6 - termocuplu obisnuit Pt - PtRh; 7 - înregistrator)

Schematic diagrams for simple - STA - (a) and differential thermal analysis - DTA) - (b):a - STA (1 - transformer; 2 - heating oven; 3 - thermocouple; 4 - thermocouple cold weld; 5 - recorder); b - DTA (1 - mirror galvanometer; 2 - P + Rh differential thermocouple; 3 - reference; 4 - sample; 5 - Pt compensation cable; 6 - normal Pt - PtRh thermocouple; 7 - recorder)

Pentru aliajele turnate, în special în cazul fontelor modificate - tip **MEHANIT**, industrial sunt utilizate analize termice simple ATS (fig.2); alura curbelor de racire si pozitia palierului eutectic indica cu suficienta precizie gradul de modificare, carbonul echivalent sau gradul de saturatie în carbon [1], [2].

Aceste tehnici de investigatie încep sa fie aplicate si aliajelor neferoase, în particular la siluminuri, grupa de aliaje larg utilizata pentru turnarea pieselor; aspectele teoretice ale metodei sunt cunoscute si au ca punct de plecare diagramele binare de echilibru fazic, constituite din însumarea datelor cuprinse pe curbele de racire ale compozitiilor din sistemul respectiv. Alura curbelor de racire reale este determinata de procesul de germinare a topiturii (endogen si exogen), prezenta unor factori cinetici (vibrare, ultrasunete) si în mod preponderent de viteza de racire în timpul solidificarii (fig.3). In direct, aceste curbe de racire pot fi utilizate pentru determinarea gradului de modificare a topiturii (starea ei de "nucleere"), tehnologul putând sa aprecieze rapid tipul de structura la cristalizarea acesteia, finetea si gradul de dispersie pentru fazele si constituentii metalografici, în corelatie directa cu parametrii specifici piesei turnate: grosimea medie de perete, presiunea metalostatica, tipul formei de turnare (valorificarea coeficientului termofizic sintetic b - coeficientul global de acumulare a caldurii si gradul de rigiditate sau compresibilitatea acesteia).

Pe plan mondial, cronologic, pentru siluminurile turnate, s-au stabilit criterii de apreciere a eficientei procesului de modificare asupra morfologiei si gradului de finete a structurii STB (stare brut turnata) prin analiza termica simpla ATS, în primul rând pentru siluminurile eutectice simple AlSi12, cu 11,7-12,5% Si si modificate cu sodiu; ulterior analiza termica DTA (Die Thermische Analyse) a fost extinsa si asupra siluminurilor hipoeutectice industriale, complexe, cu magneziu si cupru, modificate si cu alte elemente: Sr, Ca, P [3], [4].

Astfel, în 1983, la Duisburg - Germania, la conferinta Uniunii Turnatorilor Germani - VDG (Verein Deutscher Giessereifachleute), comitetul de specialitate în turnarea metalelor neferoase usoare a

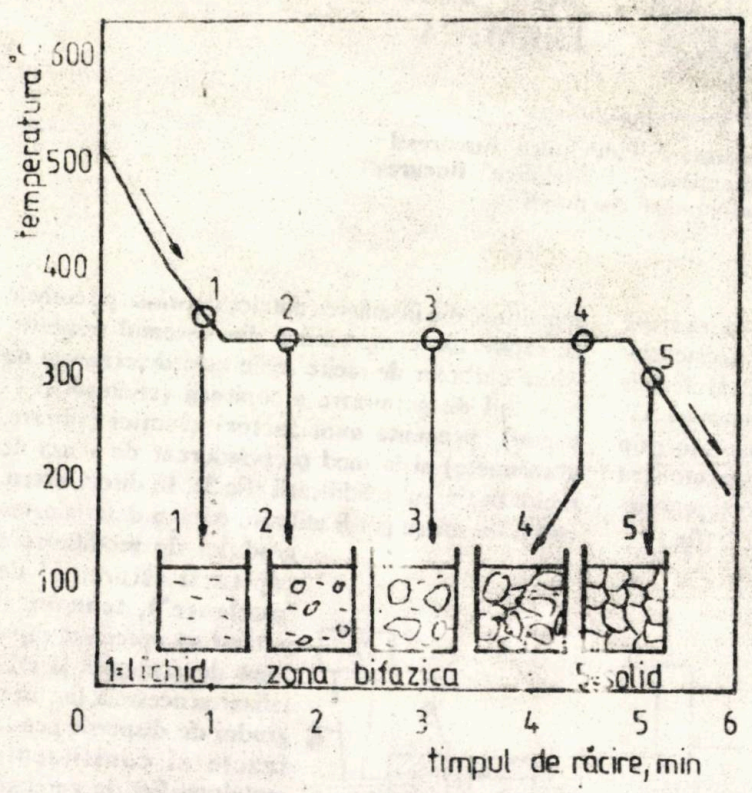


Fig. 2

Realizarea ATS pentru un metal pur si reprezentarea schematica a concordantei alurii curbei de racire cu fazele din sistemul analizat

STA for a pure metal and the phases projected on the cooling diagram

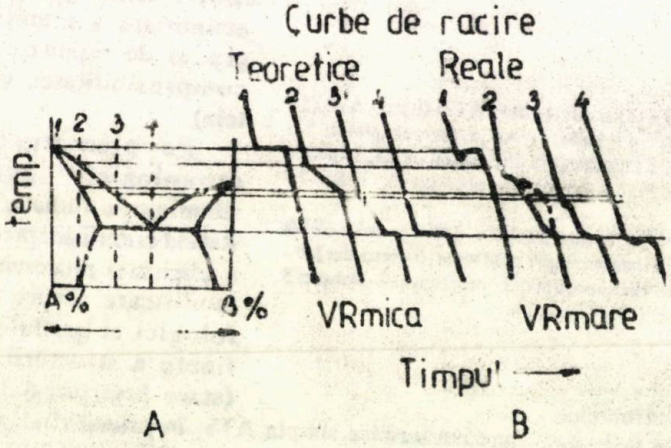


Fig. 3

Schema pentru fundamentarea ATS pe baza diagramei bi[illegible] de echilibru fazic a doua elemente A si B cu miscibilitatea partiala în stare solida (a) si modificarea alurii curbelor de racire (b), în functie de viteza de racire VR la solidificare; 1...4 - verticale de compozitie pentru aliajele tipice (4 - aliaj de compozitie eutectica ACE)

STA check on binary phase diagram for partial miscibility in solid state (a) showing cooling lines for two cooling rates; 1...4 - composition for typical alloys (4 - eutectic alloy)

elaborat norma [illegible]70, care constituie un prim standard de caracterizare a procesului de modificare a siluminurilor; în principal aceasta norma prevede o scara cu etaloane pentru aprecierea structurii siluminurilor modificate [5]. Ulterior aceste elemente au fost adaptate pe plan international, inclusiv în S.U.A. de catre prestigioasa AFS (American Foundrymen's Society) (fig.4) [2].

Clasele conventionale ale marimii granulatiei structurale KG (Korn Grösse) corespunzatoare unei anumite marimi medii a elementului structural (între 40 si 1,25 mm) au fost stabilite pe baza unor etaloane turnate din aliaj tip GK-AlSi6Cu4 DIN [illegible]725/2 (K-turnare în forma metalica, cochil[illegible]), nemodificat si modificat cu titan si bor (sub forma de prealiaj, sârma, tip AlTi5B1), cu compozitia chimica în limitele: 7-8% Si, 3,5-4,5% Cu, 0,1-0,3% Mg, 0,5-0,7% Fe, sub 0,3% Mn, sub 1,2% Zn si 0,05-0,[illegible]% Ti [3]-[5]. Similar, în S.U.A., Comitetul G 2 - AF 5, la lucrarile Conferintei Internationale de Topire - Turnare a Aluminiului (The International Molten Aluminium Processing Conference) din decembrie 1985, a adoptat o norma "Microstructure Control in Hypoeutectic Aluminium-Silicon Alloys", care se refera atât la scara conventionala de etaloane pentru granulatia structurala medie, cât si la etaloane pentru structuri tipice în raport cu gradul de modificare: aliaje nemodificate, submodificate, modificate corect, supramodificate; aceste etaloane se refera în special la morfologia si aspectul microcris[illegible]lor de siliciu eutectic în functie de gradul de modificare, elementul modificator (sodiu sau strontiu), continutul remanent de element modificator (pâna la max. 270 ppm strontiu) si prezenta continutului initial de fosfor din sistemul respectiv (în corelatie cu diagrama structurala a lui **P. Nöltig**) (tab.1) [1], [2]. Etaloanele prezentate sub forma unor microstructuri tipice la marimi x200, x500, x800 atacate cu solutie tip Poulton (60% HCl, 30% HNO_3, 5% HF, 5% H_2O) sunt turnate din aliaje tip A356.2 (6,5-7,5% Si; 0,2% Fe; 0,2% Cu;

Tabelul 1

Clase conventionale de granulatie structurala la siluminurile turnate - dupa ASTM
Conventional grain size classes for cast silumin, to ASTM

Clasa conventionala de clasificare	Aspectul	Marimea medie a granulatiei, μm
1	Foarte fin	225
2	Fin	400
3	Mediu	600
4	Grob	800
5	Grosolan, aspru	1000
6	Foarte mare	2200

0,10% Mn; 0,25-0,45% Mg; sub 0,1% Zn; sub 0,2% Ti) si tip 319 (6,0-6,3% Si; 3,5-3,7% Cu; 0,45-1,0% Fe; 0,2-0,5% Mn; 0,1-0,4% Mg; 0,2-1,0% Zn; sub 0,35% Ni si 10 pâna la 200 ppm strontiu); în figura 5 sunt indicate schematic aspectele claselor conventionale de marime a granulatiei siluminurilor turnate, dupa ASTM E 112 [7].

Analiza termica permite deci aprecierea calitatii unei topituri pregatite pentru turnare, respectiv stabilirea rapida, cu suficienta precizie, a tipului de structura ABT, a marimii medii a granulatiei; cu alte cuvinte analiza termica arata clar, transant, oportunitatea turnarii - utilizarii topiturii respective sau necesitatea unei procesari suplimentare: remodificarea, microalierea, rafinarea, marirea timpului de mentinere - asteptare etc.

In figura 6 sunt prezentate elementele componente specifice ale unei curbe tipice de racire pentru aliajele de aluminiu, tip AlSi - silumin, determinate prin ATS, care în final da posibilitatea aprecierii gradului de modificare, si anume:

T1 - punctul de intersectie al curbei temperatura cu tangenta în punctul respectiv de inflexiune al acesteia;
T2 - temperatura inferioara solidificarii primare (din lichid, a $SS\alpha_{Al}$);
T3 - temperatura superioara solidificarii primare;
A suprafata superioara, corespunzatoare solidificarii primare, respectiv aria limitata de curba de racire si tangenta în punctul de inflexiune;
T4 - temperatura eutectica;
A_K - timpul (respectiv distanta, lungimea) între aliajul lichid la 600^0C si punctul $(T_4 + 1)^0C$ al curbei de racire;

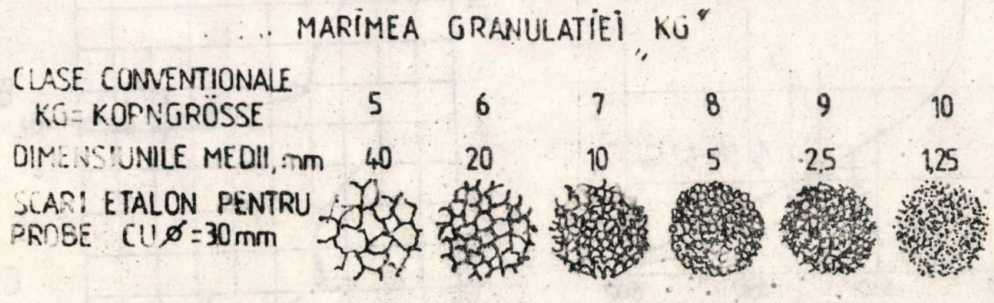
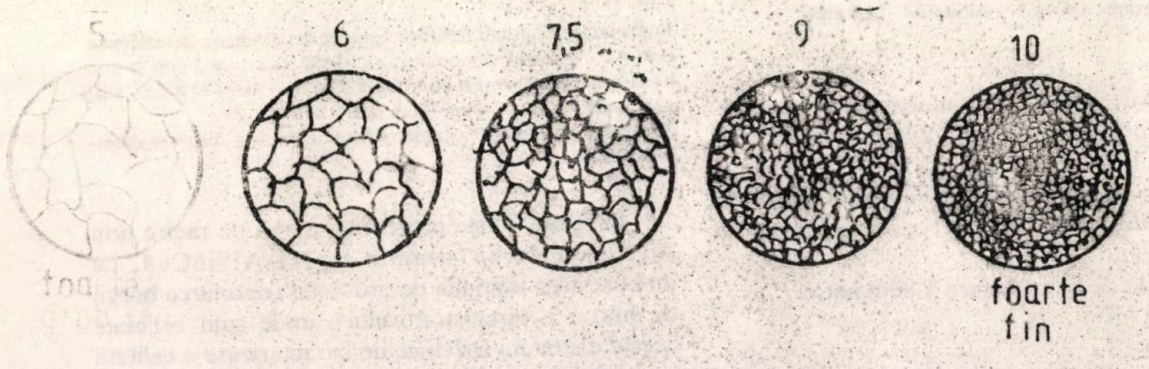


Fig. 4
Scara cu etaloane pentru marimea granulatiei structurale la siluminurile modificate - dupa DIN
Reference scale for structural grain size of inoculated silumin (to DIN)



...mea granulatiei siluminurilor la care modificarea s-a apreciat prin ATS - dupa ASTM E 112 (5 - foarte grob, ... corect modificat)
... silumins in which inoculation was evaluated by STA (to ASTM E112 (5 - coarse, without inoculation and ...ulation)

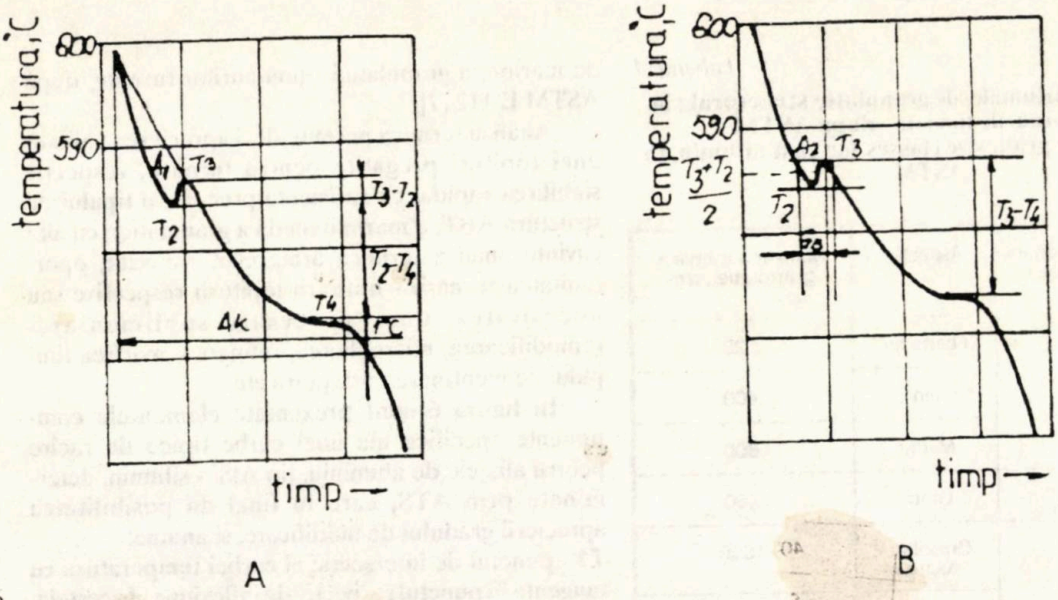


Fig. 6

Curbe de racire pentru silumin marca G - AlSi6Cu4, pentru definirea marimilor specifice (temperaturi, timpi, suprafete) utilizate la ATS
Cooling diagrams for G - AlSi6Cu4 type silumin for definition of specific variables (temperature, time, surfaces) used in STA

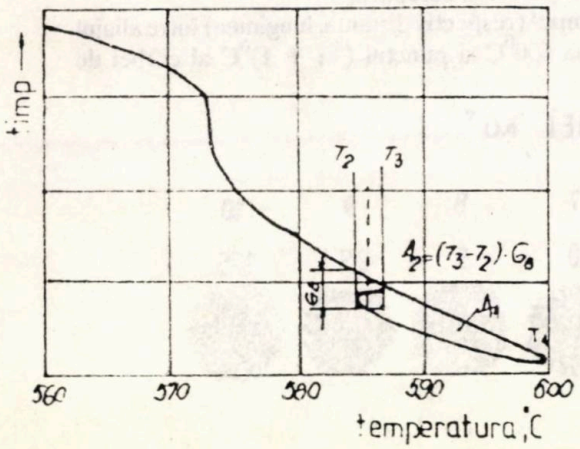


Fig. 7

Curbe de racire ATS pentru aliaj tip G-AlSi6Cu4
STA cooling diagrams for the G - AlSi6Cu4 - type alloy

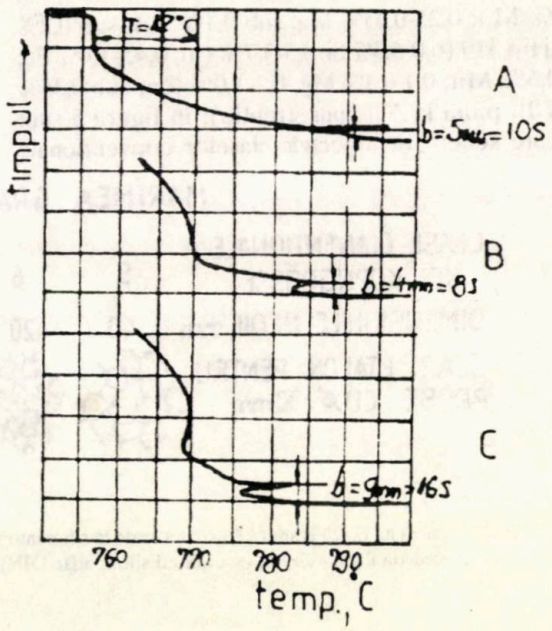


Fig. 8

Interpretarea calitatii topiturii dupa curba de racire determinata prin ATS: a - aliaj submodificat, cu 0,08% Na si b = 5 mm ≈ 10s; b - aliaj modificat corect cu 0,16% TiB si b = 4mm ≈ 8 s; c - aliaj nemodificat, cu b = 9mm ≈ 16 s; b - subracirea
Melt quality interpretation according to cooling diagram determined by ATS

G_b - distanta între primul si ultimul punct de intersectie al curbei de racire cu linia pentru temperatura medie (T3 + T2)/2;

A2 - suprafata inflexiunii curbei de racire corespunzatoare solidificarii primare si egala cu produsul GB • (T3 - T2).

Diferentele de temperatura T sunt notate:

$T_{3-2} = T_3 - T_2$
$T_{2-4} = T_2 - T_4$
$T_{3-4} = T_3 - T_4$

In figura 7 este prezentata curba de racire prin ATS pentru un silumin tip G-AlSi6Cu4, cu înregistrarea timpului pe ordonata (derularea benzii de hârtie a înregistratorului), unde sunt reliefate aceste elemente specifice de caracterizare a calitatii topiturii [4].

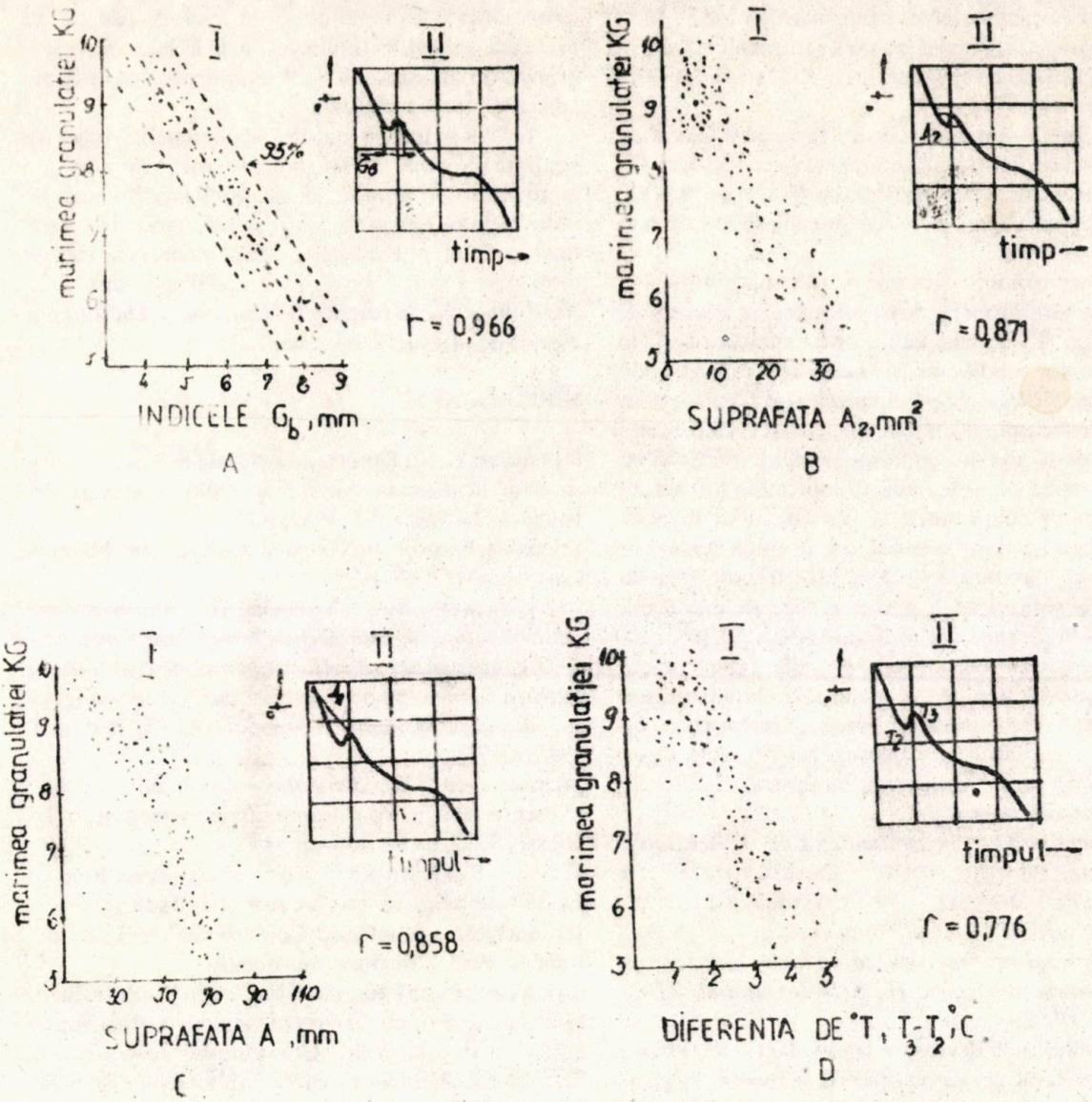


Fig. 9

Corelatii între marimile specifice ale curbelor de racire ATS si marimea conventionala a granulatiei KG: a - indicele Gb; b - suprafata A2; c - suprafata A1; d - diferenta $\Delta T_{3\text{-}2}$; r - coeficient de corelatie pentru dreapta de regresie

Melt quality interpretation with STA cooling diagrams and conventional grain size, KG: a - index; b - surface A2; c - surface A1; d - $\Delta T_{3\text{-}2}$; - correlation factor for the regression line

In figura 8 sunt indicate comparativ curbele de racire ATS pentru o topitura de silumin hipoeutectic tip G-AlSi8Cu3, nemodificata si modificata, cu diferite grade de modificare; cu cât topitura este mai saraca în nuclee de germinare (lichid nemodificat sau submodificat), cu atât mai evidenta este subracirea b (max. pentru cazul din fig.8, c - topitura nemodificata); în mod corespunzator, structura STB va fi cu atât mai grosolana (cu numar redus de granule pe unitate de suprafata).

Prin prelucrarea statistica a rezultatelor unui numar mare de date experimentale de determinari ATS (dublate de analize metalografice ale gradului de modificare) s-au stabilit corelatii între elementele curbei de racire si indicii de calitate ai topiturii; în figura 9 sunt prezentati coeficientii dreptelor de regresie r ai elementelor mentionate: G_b, A_2, A_1 si T_{3-4} - factori cu influenta maxima si repetabila asupra marimii granulatiei structurale tip KG (scara conventionala germana).

Se remarca buna corelatie a factorului G_b, unde r = 0,966; cu cât topitura analizata are factorul G_b mai scazut, determinat rapid pe curba de racire ATS, cu atât aliajul turnat, piesa solidificata, va avea structura STB mai fina.

Pentru aliajele neferoase destinate turnarii, respectiv siluminurile hipoeutectice si eutectice, realizarea ATS se face cu aceeasi aparatura ca si în cazul fontelor modificate, si anume prin utilizarea de microcreuzete din nisip peliculizat (tip **Croning**, cu novolac, executate în cutii de miez calde), cu volumul util între 30 si 50 cm^3, cu termoelemente Ni-CrNi cu teaca de cuart de ~ 0,4mm. Compozitiile refractare de protectie pe suprafetele active si pe tubul de cuart pot fi tot pe baza de zirconiu, dar în egala masura si pe baza de alumina-corindon, care trebuie însa sa asigure, la solidificarea probei respective analizate, viteze medii de racire de ordinul $1,3^0$C/s [3], [6].

Inregistratoarele sunt cele obisnuite, electronice, cu banda (sul) de hârtie si trasarea de linii continue (cu punctele de masurare înseriate, scurtcircuitate); la aceste înregistratoare clasice, rapide, cele doua marimi timp-temperatura sunt înregistrate în functie de constructiile respective:

* *temperatura pe ordonata, data de derularea benzii de hârtie, la aparatele tip SPEEDOMAX - S.U.A.(fabricatie LEEOS-NORTHRUP Ltd Philadelphia);*
* *timpul pe ordonata, la aparatele germane si japoneze (licenta HOKUSIN) (similar TEC-TIP - S).*

Amplitudinea deplasarii trasorului (sanici) marcheaza cel de-al doilea parametru; în functie de constructia înregistratorului se imprima si caroiajul grafic pe banda de hârtie (sul-rola) - fiind, în general, între 400-800^{0}C si 0-300S.

Traductorul poate fi cuplat si la un microprocesor, în linie cu un terminal de tipul unei imprimante, monitor sau sistem complex PC, cu stocare pe dischete sau banda magnetica [4].

Eficienta acestor tehnici ATS este determinata de performanta aparatului, metodologia desfasurarii aranjamentului experimental si acuratetea determinarilor propriu-zise.

Se determina temperatura eutectica T_E de referinta, de comparatie, pentru topitura netratata (nemodificat, "neînnobilata") si apoi, în functie de marimea subracirii eutectice a lichidelor tratate - gradul de modificare (submodificate, modificate corect si supramodificate).

In final se impun masuratori suplimentare pentru realizarea corelarii concrete între gradul de modificare (în functie si de tipul modificatorului utilizat) cu grosimea medie de perete a piesei turnate; în acest fel se poate aprecia, relativ corect si într-un timp scurt, morfologia structurii STB, în vederea obtinerii unor piese turnate de calitate, cu cheltuieli si costuri de productie minime.

BIBLIOGRAFIE

[1] **Sigwort G.K.**: Determining Grain Size and Eutectic Modification in Aluminium Alloy Castings. In: Modern Casting, iulie, 1987, p.23

[2] xxx Definitions in Thermal Analysis. In: Modern Casting, nov. 1985, p.39

[3] **Günther B. si Yurgens H.**: *Automatisierte Durchführung der thermischen Analyse zur Ermittlung des Keimzustandes von Aluminiumschmelzen und der erzielten Komgrosse an Bauteilen aus Aluminiumguss.* In: Giesserei, 71, nr.24, 1984, p.928 (RJ - TOLP, nr.3, 1985, ref.71)

[4] **Stoffregen K.W.**: *Betriebliche Anwendung der therminschen Analyse von Aluminiumgusslegierungen.* In: Giesserei, 72, nr.19, 1985, p.545

[5] xxx Bericht nr.70 des Fachausschusses Leichtmetallguss im Verein Deutscher Giessereifachleute. Lucrarile Conferintei VDG, 20 octombrie 1983, Duisburg, Germania

[6] **Chira I., Pana Mihaela si Paunescu Irina:** Influenta modificarii cu strontiu asupra solidificarii siluminurilor turnate. Comunicare stiintifica la SESIUNEA JUBILIARA UNIVERSITATEA BRASOV, Brasov, 29-30 aprilie 1993

[7] **Walker N.G.**: *Thermal Analysis in the Aluminium Casting Industry.* In: Proceedings of the Conference on Thermal Analysis of Molten Aluminium. American Foundrymen's Society, ROSEMONT - Illinois, 1984, p.155

SPEEDOMAX

HOKUSIN

OBTINEREA PIROCARBONILOR DE PURITATE INALTA DIN POLIMERI

Dr. ing. Cornel Cincu, conferentiar Universitatea "Politehnica" Bucuresti
Dr. ing. Frumuzachi Barca, profesor Universitatea "Politehnica" Bucuresti
Ing. ec. Livia Ion, sef lucrari Universitatea "Politehnica" Bucuresti
Ing. Augustina Stefanescu Universitatea "Politehnica" Bucuresti

C. Z.: 661.8.62

Pirocarbonii sunt depuneri pirolitice de carbon obtinute prin descompunerea termica a unor hidrocarburi, a cocsului de petrol sau, mai recent, a unor polimeri, la temperaturi cuprinse între 600 si 2800^0C [1], [2].

Proprietatile depunerilor pirolitice depind, în mare masura, de conditiile de lucru si de natura materialului supus descompunerii termice. Studii efectuate cu raze X au aratat ca exista posibilitatea obtinerii unor pirocarboni cu proprietati anizotrope si care prezinta cristalite cu structura similara grafitului.

Primele încercari de utilizare a hidrocarbonilor au fost facute în scopul impermeabilizarii grafitului industrial [3]. In ultimii ani, cercetarile au avut drept scop folosirea acestor depuneri carbonice la obtinerea grafitului de înalta puritate [4] în aviatie, tehnica militara, energetica nucleara, electronica si, mai ales, în metalurgie. In acest ultim domeniu, pirocarbonii cu proprietati anizotrope sau grafitul obtinut pe cale artificiala din pirocarboni se folosesc la obtinerea: metalelor de înalta puritate, materialelor semiconductoare (intrând în componenta oalelor de turnare, a creuzetelor sau a cuptoarelor), electrozilor industriali si analitici sau ecranelor izolatoare termoelectrice.

Puritatea înalta ceruta acestor produse (continut material mineral sub 100 ppm) a impus utilizarea unor materii prime grafitizabile cu compozitie chimica controlabila si randament ridicat de transformare în pirocarboni.

In acest sens, lucrarea de fata prezinta unele aspecte referitoare la obtinerea unor noi polimeri, de puritate controlata, si pirogenarea acestor polimeri.

Partea experimentala

In unele lucrari anterioare [2], [5] s-a folosit poliacrilamida liniara si reticulata cu metilen-bis-acrilamida ca materie prima pentru obtinerea pirocarbonilor. Rezultatele experimentale arata ca, desi puritatea produsului obtinut este corespunzatoare, randamentul în pirocarboni este relativ mic (20-25%). In vederea cresterii randamentului în pirocarboni s-au sintetizat si utilizat noi polimeri.

Poliacrilonitrilul (**PAN**) si copolimerul acrilonitril (**AN**) - acrilamida (**AA**), (**PAN-PAA**), cu compozitia molara 75% AN si 25% AA, precum si polimerul reticulat acrilonitril-acrilamida- metilen-bis-acrilamida (**MBA**) (**PAN-PAA-MBA**) au fost obtinuti prin polimerizare în solutie precipitanta, în metil-etil-cetona (**MEK**), cu initiator azo-izo-butironitril (**AIBN**), la 60^0C timp de 5 ore.

Pentru comparatie, s-a folosit si polimerul reticulat acrilamida- metilen-bis-acrilamida (**AA+MBA**) obtinut în solutie apoasa. In toate cazurile, continutul de MBA în copolimeri a fost de 3% molar fata de monomerii utilizati.

Pirogenarea s-a facut într-un cuptor electric cu mufla orizontala în care probele au fost asezate în creuzete de cuart acoperite cu capac. Incalzirea s-a facut de la 20 la 800^0C cu o viteza de 3^0C/min (considerata a fi optima pe baza rezultatelor anterioare [2], [5]), fiind urmata de stationare la 800^0C timp de 30 min. Dupa racire si cântarire, probele au fost maruntite si sitate, retinându-se materialul sub 0,2 mm.

S-au determinat rezistivitatea electrica reziduala si compozitia chimica, ultima prin spectroscopie de emisie în U.V.

Rezultate si discutii

In tabelul 1 se prezinta continutul în elemente anorganice, determinat prin spectroscopie de emisie în U.V., pentru polimerii folositi la piroliza, iar în tabelul 2-continutul în elemente anorganice al pirocarbonilor corespunzatori.

Se constata ca atât polimerii initiali, cât si pirocarbonii obtinuti din aceste materiale îndeplinesc conditiile de puritate cerute pentru utilizarea lor în domeniile speciale enumerate mai sus.

In figura 1 se prezinta influenta vitezei de pirogenare asupra randamentului în pirocarbon pentru poliacrilamida (PAA) si poliacrilamida reticulata (PAA-MBA). In ambele cazuri, randamentul este maxim la o viteza de pirogenare de ~ 3^0C/min si nu depinde de gradul de reticulare al polimerului.

Cresterea randamentului în pirocarboni se poate realiza prin copolimerizarea acrilamidei cu acrilonitril (tab. 3).

Tabelul 1

Continutul în elemente anorganice al polimerilor utilizati la piroliza
Anorganic content of polymers used in pyrolisis

Polimer	Continut de elemente anorganice, ppm					
	Na + K	Fe	Ca	Cu	Cr	Mg
PAN	8	1	1	2	2	2
PAA-PAN	8	2	3	2	2	1
PAA-PAN-MBA	7	1	2	1	1	2
PAA-MBA	3	<2	SLD*	SLD	2	SLD

*SLD = sub limita de dozare

Tabelul 2

Continutul în elemente anorganice al pirocarbonilor obtinuti din polimeri
Anorganic content of pyrocarbons made from polymers

Pirocarboni obtinuti din:	Continut de elemente anorganice, ppm					
	Na + K	Fe	Ca	Cu	Cr	Mg
PAN	8	1	2	1	1	2
PAA-PAN	10	2	2	1	1	2
PAA-PAN-MBA	16	3	4	2	2	3
PAA-MBA	15	7	2	6	3	2

Tabelul 3

Randamentul de pirogenare pentru polimerii folositi în lucrare si rezistivitatea pirocarbonilor obtinuti
Pyrolisis yield for investigated polymers and pyrocarbon resistivity

Polimer	Randament de pirogenare la viteza de încalzire de 3°C/min, %	Rezistivitatea electrica, Ω•m
PAN	56,24	0,18
PAA-PAN	38,77	0,37
PAA-PAN-MBA	25,00	0,86
PAA-MBA	25,33	0,90

Reticularea acestui copolimer cu MBA nu produce o crestere a randamentului, ci o diminuare a acestuia, probabil datorita retelei tridimensionale mai putin dense obtinute prin copolimerizare cu MBA.

In tabelul 3 sunt prezentate si valorile rezistivitatii electrice ale pirocarbonilor obtinuti. Se constata o crestere a rezistivitatii electrice o data cu scaderea continutului de acrilonitril în copolimerii supusi procesului de piroliza. Se considera ca aceasta crestere a conductibilitatii electrice s-ar datora unei structuri mai ordonate (cu un anumit continut de cristalite) în pirocarbonii obtinuti din copolimerii acrilonitrilului.

Concluzii

- **Este posibila obtinerea de pirocarboni puri din polimeri cu compozitie chimica controlabila. Acesti pirocarboni sunt utilizabili în metalurgia metalelor de înalta puritate sau în alte domenii de vârf ca: tehnica militara, energetica nucleara, aparatura de analiza spectrala etc.**

- **Introducerea acrilonitrilului în copolimerii supusi procesului de piroliza determina o crestere a randamentului în pirocarboni si o reducere a rezistentei electrice a produselor de descompunere termica.**

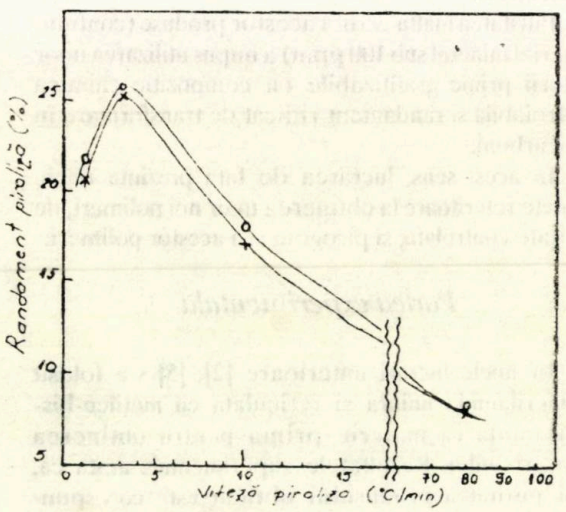


Fig. 1
Dependenta randamentului în pirocarboni de viteza de pirogenare pentru PAA (x) si PAA - MBA (o)
Pyrocarbons yield depending on pyrolisis rate for PAA (x) and PAA - MBA (o)

BIBLIOGRAFIE

[1] C.L.Mantell: Carbon and Graphite Handbook, John Wiley an I Sons, New York, 1968
[2] F.Barca, C.Cincu, Gabon: Revista de chimie, 1995 (sub tipar)
[3] J.T.Mars: Proceedings of the 5th Carbon Conference, Pergamon Press, 1962
[4] Kirk-Othmer: Encyclopedia of Chemical Technology. 3rd edition, Int.Publ., New York, 1978, vol.1
[5] F.Barca, C.Cincu, G.Paraschivescu: Conferinta de Chimie si Ingineria Chimica, Bucuresti, 21-26 oct., 1991

SCURTE STIRI

RUSIA A ÎNCEPUT PROCESUL DE MODERNIZARE A INDUSTRIEI SIDERURGICE

In: Metal Bulletin, **Anglia**, 1993, nr.7809, p.17

Recent, concernul Schloemann Siemag a semnat un contract pentru un laminor la rece la Magnitogorsk. Sunt în curs tratative pentru procurarea unor instalatii de turnare continua la Combinatul Metalurgic Kuznetk.

Programul de restructurare prevazut pentru pericada 1993-2000 stabileste un volum de investitii de 6,8 mld.$ S U.A., din care 4 mld. pâna în 1995.

In anul 1993 se prevede ca Rusia sa produca 59 mil.t otel, fata de 77 mil. în anul 1991. Exporturile de produse siderurgice vor creste în anii urmatori, valuta obtinuta fiind considerata una din sursele importante de finantare a programelor de restructurare, înaintea fondurilor obtinute de la investitorii straini sau creditele cu dobânzi scazute din partea statului.

Procesul de privatizare avanseaza rapid, asteptându-se ca, în anul 1993, 70% din productia de otel sa provina din combinatele detinute de actionari.

UCRAINA SE CONFRUNTA CU SCHIMBARILE ECONOMICE

In: Metal Bulletin, **Anglia**, 1993, nr.7809, p.23

Productia de otel a Ucrainei a scazut în ritm mai rapid decât cea a Rusiei, datorita faptului ca industria siderurgica a Ucrainei a fost dimensionata sa aprovizioneze si alte regiuni ale fostei URSS.

Exporturile de produse siderurgice ale Ucrainei, dirijate în trecut în principal spre tarile CAER, cauta noi piete de desfacere.

Un exemplu pozitiv il reprezinta uzina Azovstal, care este pe cale sa obtina acreditarea Lloyd pentru tabla navala, putând exporta cantitati importante în S.U.A. si Europa Occidentala.

OTELUL ROMÂNESC SE CONFRUNTA CU O PERIOADA DIFICILA

In: Metal Bulletin, **Anglia**, 1993, nr.7809, p.23

In articol se dau unele informatii cu privire la realizarea de catre SOFRES în cadrul programului PHARE a studiului de restructurare a industriei siderurgice românesti.

Se specifica nivelul de 9 mil.t otel propus pentru productia anului 2002. Sunt mentionate masurile necesare pentru reducerea unei capacitati de productie în principalele cuptoare Martin, precum si închiderea unor laminoare vechi.

Investitiile necesare pentru restructurare vor fi de cca 2,7-2,8 mld.$ pâna în anul 2002. Este necesara atragerea investitorilor straini. In acest context sunt prezentate unele probleme cu care se confrunta societatea mixta Easteel - Otelu Rosu. Experienta câstigata pâna în prezent în organizarea sub forma unei societati de strategie este apreciata ca pozitiva în depasirea dificultatilor tranzitiei.

COMPACTITATEA PERETELUI PIESELOR TURNATE DIN SILUMINURI

Dr. ing. Ion Chira, conferentiar Universitatea "Politehnica" Bucuresti
Dr. ing. Laurentie Sofroni, profesor Universitatea "Politehnica" Bicuresti
Ing. Ioan Marginean, asistent universitar Universitatea "Politehnica" Bucuresti

C.Z.: 621.74.043

Compactitatea peretelui pieselor turnate din siluminuri este afectata de micropori datorati pe de o parte procesului de contractie volumetrica la solidificarea fazei lichide, iar pe de alta parte-scaderii solubilitatii hidrogenului în faza solida, comparativ cu cantitatea de gaz dizolvata de topitura (fig.1); din acest motiv la aliajele cu baza de aluminiu se impun restrictii în ceea ce priveste durata elaborarii si marimea supraîncalzirilor.

Ca ordin de marime solubilitatea hidrogenului în faza solida este de 0,03 ... 0,06 cm^3/100g, iar în faza lichida creste de 15-25 ori, fiind deci la nivelul de 0,5 + 0,8 cm^3/100g; o topitura de aluminiu degazata corespunzator contine sub 0,10 cm^3/100g.

Solubilitatea hidrogenului în topiturile cu baza de aluminiu este dependenta si de intervalul de solidificare al aliajului respectiv; aliajele cu zona bifazica mare vor avea si un perete cu compactitate scazuta, o data, deci, ca urmare a cantitatii ridicate de gaze solubilizate în topitura si pe de alta parte ca urmare a modului specific de solidificare, cu procese de filtrare în zona frontului de solidificare dificil de realizat si cu separarea microvolumelor de lichid între ramurile dendritelor (tab.1).

Tabelul 1

Corelatia între gradul de eutecticitate al siluminurilor turnate si cantitatea medie de hidrogen dizolvat în topitura
Correlation between cast silumin eutecticity and average solute hydrogen quantity

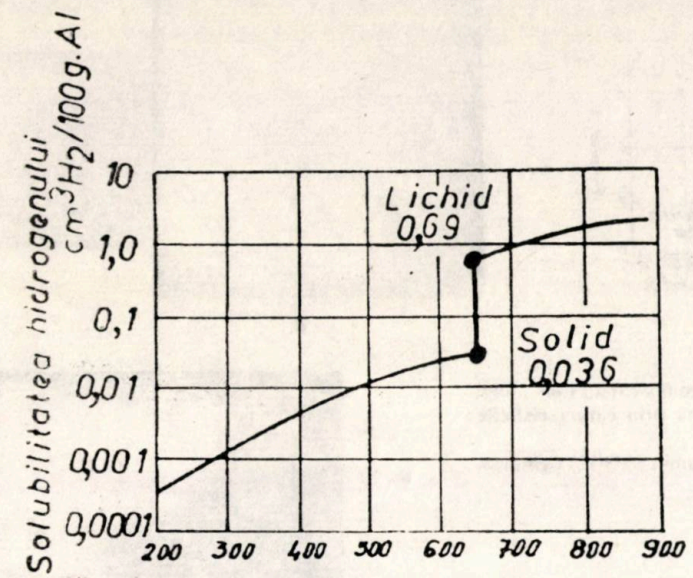
Compozitia aliajului	Intervalul de solidificare, °C	Continutul mediu de hidrogen în topitura, cm^3H_2/100gAlSi
Al - 2% Si	70	0,80
Al - 8% Si	30	0,70
Al - 11% Si	0	0,25
Al - 15% Si	50	0,51
Al - 20% Si	120	0,75

In mod uzual, degazarea la aliajele cu baza de aluminiu se face prin barbotarea cu clor îmbuteliat sau cu saruri (cloruri, saruri de amoniu) care în final vor produce barbotarea prin vaporizarea $AlCl_3$; în cazul siluminurilor care nu se modifica, degazarea se discuta din cel putin doua aspecte:

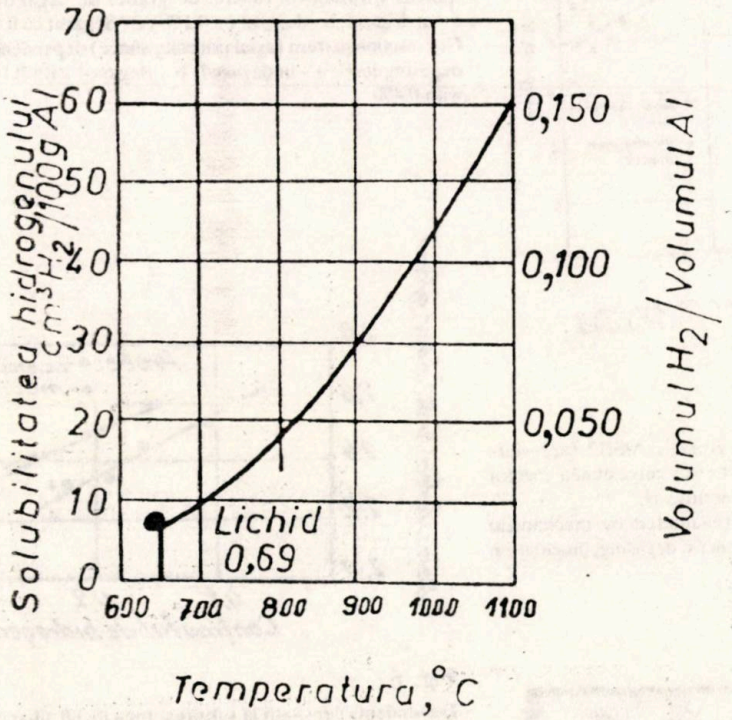
- *aliajele modificate au o tendinta mai mare de gazare; de exemplu la modificarea cu stronţiu, tendinta de gazare este maxima;*
- *la aliajele modificate, barbotarea cu clor sau utilizarea de saruri care elibereaza clorul duce la neutralizarea inadmisibila a modificatorului si la trecerea acestuia sub forma de cloruri în zgura;*
- *la siluminuri se impune o riguroasa succesiune a fazelor de rafinare, si anume întotdeauna se face dezoxidarea, degazarea si la sfârsit modificarea.*

Experimentari proprii, realizate prin retopirea blocurilor de silumin eutectic de la I.A.Slatina (tip AlSi12, STAS 201/1-80, cu 11,28 + 12,43% Si, 0,13 + 0,36% Mn, fier sub 0,21%, magneziu sub 0,12%, cupru sub 0,11%) în cuptor cu inductie de medie frecventa, de 8000 Hz, în creuzet de grafit, au demonstrat corelatia dintre degazare (continut de hidrogen) si porozitate, deci compactitatea peretelui piesei turnate, precum si raportul dintre eficienta degazarii si cea a modificarii asupra caracteristicilor mecanice ale acestor aliaje (fig.2 si 3). Compactitatea peretelui piesei turnate se îmbunatateste printr-o degazare corecta, iar procesul de crestare a matricei de catre micropori si discontinuitatile de volum din aliajul respectiv se pot micsora printr-o cumulare convenabila a efectelor operatiilor de degazare si de modificare, cu conditia respectarii ordinii, succesiunii de tratare mentionate.

In figurile 4 si 5 sunt prezentate fractografiile probelor nedegazate si degazate cu **ALMED** (pastile de 75g fabricatie ICPTSC Bucuresti, echivalent cu **DEGASER** 450 - import FOSECO si BONIFACETHIEM) si hexacloretan. Analizând sectiunile probelor tronconice (pe care s-a determinat si volumul de retasura concentrata din figura 5), se observa cu usurinta efectul degazarii prin scaderea cantitatii de pori si sufluri, prin con-



a



b

Fig. 1
Solubilitatea hidrogenului în aluminiu solid (a) si lichid (b) în functie de temperatura
Hydrogen solubility in solid (a) and liquid (b) aluminium depending on temperature

centrarea acestora în zona axei termice din vecinatatea retasurii concentrate si accentuarea desfasurarii concentratiei volumetrice, prin marirea ponderii retasurii concentrate din retasura totala, cu micsorarea corespunzatoare a retasurii disperse. Practic, la siluminurile hipoeutectice si eutectice se obtin degazari corespunzatoare prin utilizarea a 0,2% DEGAZAL (pe baza de hexacloretan), substanta care are si avantajul unei hidroscopicitati reduse.

In figura 6 se indica, pentru un silumin tip AlSi7Mg, corelatia dintre compactitatea peretelui piesei turnate si gradul de gazare al topiturii; compactitatea se analizeaza prin densitatea aparenta, determinata în conditiile solidificarii probelor analizate la o depresiune de 80 mbar, iar gradul de gazare se considera proportional cu continutul de hidrogen, determinat prin metoda extractiei la cald. Se observa ca în momentul modificarii cu strontiu (modificarea s-a realizat cu 0,3% Sr), tendinta de gazare a aliajului se mareste [2].

In figura 7 se indica influenta pozitiva a vitezei de racire la solidificare asupra compactitatii piesei turnate; datele se refera la barele cilindrice cu diametrul de 20 mm, turnate din topitura nemodificata în forme din amestec de formare (1) si cochile (2) si topitura modificata cu 0,3% Sr, turnata în cochila (3). Pentru cele trei cazuri mentionate timpul de solidificare, înregistrat pe curbele de racire ATS, a fost de ordinul a 92 s pentru barele (1), 88 s pentru barele (2) si 17 s pentru barele (3).

Rezulta faptul ca, practic, în cazul pieselor la care se impune o compactitate ridicata a peretelui, se impune o corelare a gradului de degazare, concomitent cu o marire a vitezei de racire la solidificare, tinând seama si de particularitatile operatiei de modificare; cu alte cuvinte, o marire a vitezei de racire la solidificare duce partial la o finisare a structurii, la o scadere a porozitatii, dar nu compenseaza total efectele operatiilor propriu-zise de degazare si modificare.

Corelatii similare între continutul de hidrogen din aliaj si densitatea acestuia sunt prezentate în figura 8, unde se indica si influenta temperaturii de turnare; se confirma ca o temperatura de turnare mai scazuta favorizeaza o compactitate mai buna si, la aceeasi densitate aparenta, continutul de hidrogen este mai scazut, iar volumul microporilor mai redus.

Determinarea compactitatii peretelui piesei turnate se face în primul rând prin masurari de densitati reale, operatii însa greu de executat practic si care necesita un timp îndelungat.

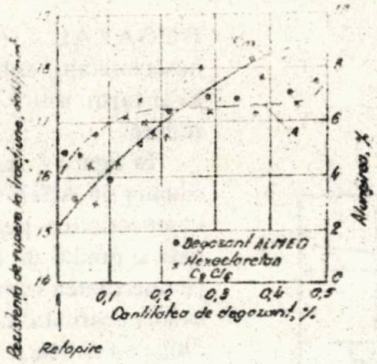


Fig. 2

Influenta procesului de degazare asupra compactitatii siluminului eutectic AlSi12, compactitate apreciata prin caracteristicile mecanice

The influence of degasing on eutectic silumin (AlSi12) tightness, evaluated by mechanical properties

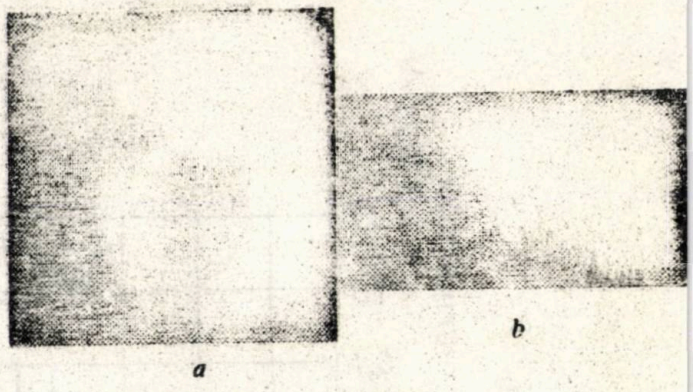


Fig. 5

Modul de contractie (ponderea retasurii concentrate si disperse -porozitatii axiale) in functie de gradul de degazare cu ALMED: a - nedegazat; b - degazat cu 0,1% ; c - degazat cu 0,4%

Contraction pattern (axial porosity share) dependence on ALMED degasing level: a - undegased; b - degased with 0.1%; c - degased with 0.4%

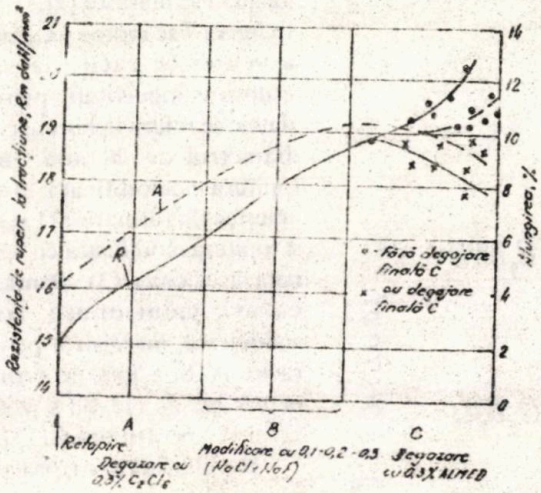


Fig. 3

Dependenta compactitatii siluminului eutectic AlSi12 (apreciata prin caracteristicile mecanice) in functie de succesiunea fazelor tehnologice de la elaborare: degazare, modificare

Eutectic silumin (AlSi12) tightness (evaluated by mechanical properties) depending on process sequences: degasing, inoculation

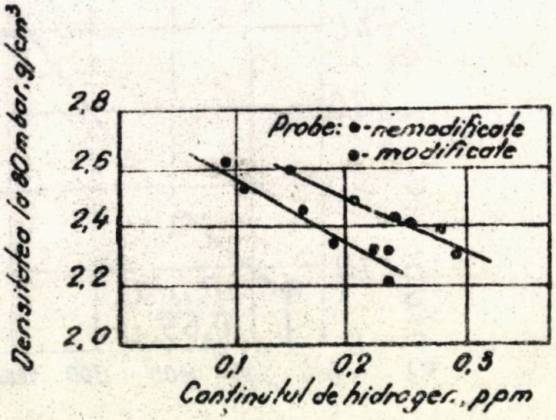


Fig. 6

Dependenta densitatii la subpresiunea de 80 mbar de continutul de hidrogen, pentru un silumin tip AlSi7Mg, nemodificat si modificat cu 0,3% Sr

Density dependence at - 80 mbar on hydrogen content for an AlSi7Mg - type silumin, uninoculated or inoculated with 0,3% Sr

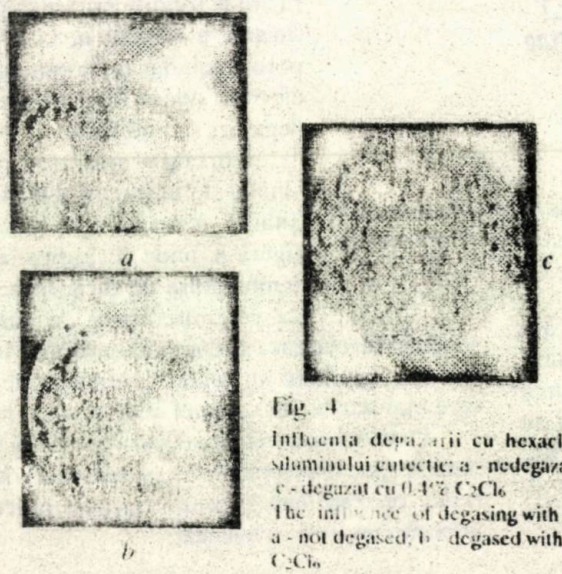


Fig. 4

Influenta degazarii cu hexacloretan C_2Cl_6 asupra porozitatii siluminului eutectic: a - nedegazat; b- degazat cu 0,1% C_2Cl_6; c - degazat cu 0,4% C_2Cl_6

The influence of degasing with C_2Cl_6 on eutectic silumin porosity: a - not degased; b - degased with 0,1% C_2Cl_6; c - degased with 0,4% C_2Cl_6

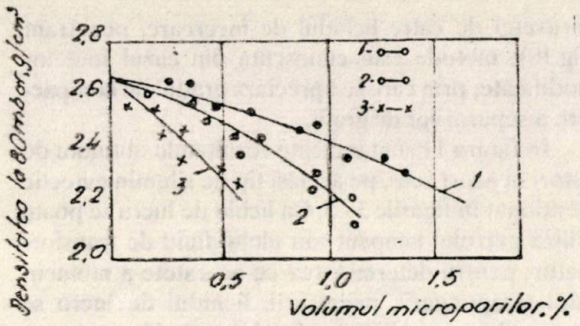


Fig. 7

Corelatia dintre densitatea la subpresiunea de 80 mbar si volumul de pori, pentru bare turnate în diferite condiții de racire
Density dependence at - 80 mbar on porosity volume for bars cast with various cooling conditions

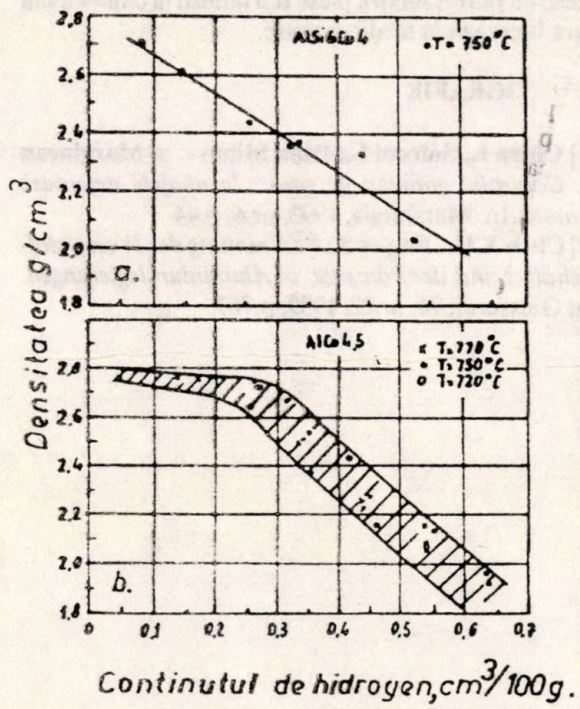


Fig. 8

Dependenta densitatii aliajelor de tip AlSi6Cu (a) si AlCu 4,5Ti (b) de continutul de hidrogen: temperaturile de turnare sunt mentionate pe diagrame. Turnarea în forme din amestec de formare
Density dependence on hydrogen content for AlSi6Cu (a) and AlCu4,5Ti (b) alloys; casting temperatures mentioned on diagrams. Sand casting

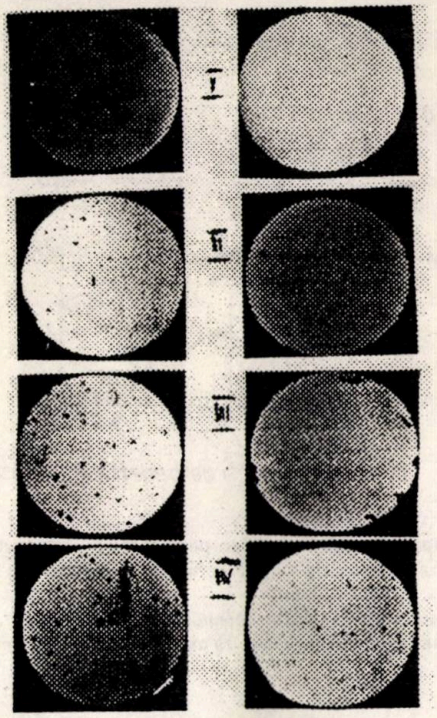


Fig. 9

Etaloane metalografice pentru aprecierea volumului de pori, în cazul aliajului de tip AlCu4,5Ti, turnat în forme din amestec de formare (a) si forme metalice (b) cu continuturi diferite de hidrogen (în $cm^3H_2/100$ g metal): I - 0,07; II - 0,15; III - 0,26; IV - 0,46(bare cu diametrul de 40 mm)
Porosity volume assessment standards for AlCu4,5Ti alloy (a - sand, b - die), cast with various H_2 contents ($cm^3H_2/100gmetal$): I - 0.07; II - 0.15; III - 0.26; IV - 0.46 (40 mm dia bars)

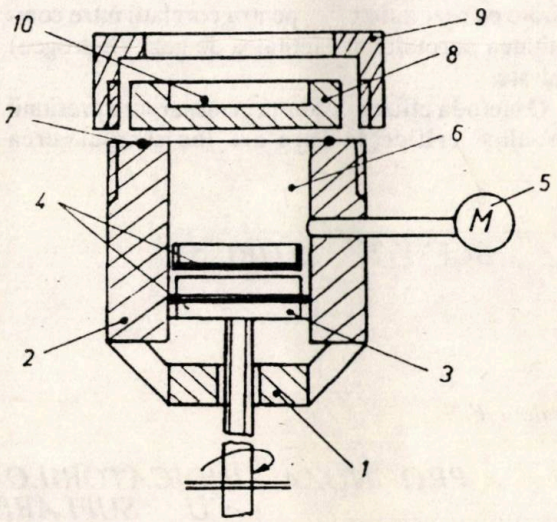


Fig. 10

Principiul de determinare a compactitatii peretelui piesei turnate (incercarea la etanseitate): 1 - dispozitiv surub - piulita de avans; 2 - cilindru; 3 - piston pentru crearea suprapresiunii; 4 - garnituri din cauciuc, pentru etansare; 5 - manometru; 6 - lichid de lucru, penetrant; 7 - inel din cauciuc, pentru etansare; 8 - proba analizata; 9 - piulita olandeza de prindere a probei; 10 - suprafata probei unde sunt observate porozitatile prin penetrarea lichidului
Evaluation procedure for wall tightness: 1 - feed nut screw device; 2 - cylinder; 3 - pressure piston; 4 - rubber seals; 5 - manometer; 6 - penetrant working agent; 7 - o - ring; 8 - test piece; 9 - cap nut for piece clamping; 10 - test piece surface on which porosity can be seen due to liquid penetration

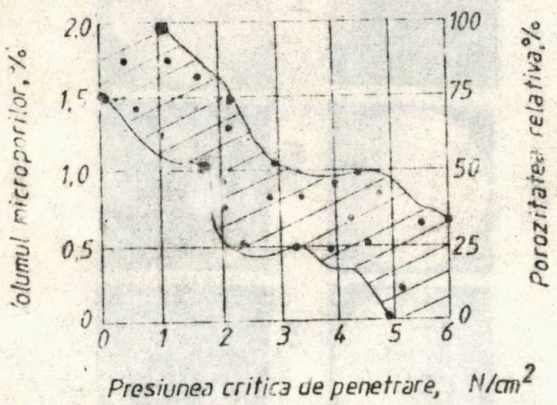


Fig. 11

Dependenta presiunii critice de penetrare de compactitatea siluminurilor eutectice tip AlSi12; epruvete cu diametrul de 25 mm si grosimea de 0,5 ÷ 0,7 mm

Critical penetration pressure depending on tightness of AlSi12 eutectic silumin; test pieces have 25 mm dia and 0.5 - 0.7 mm wall thickness

Similar cu etaloanele pentru determinarea cantitatii de oxizi la aliajele de cupru sau aprecierea granulatiei structurale la aliajele de aluminiu modificate ori cu adaosuri de finisare a structurii (B, Ti, Cr, Fe), se pot utiliza etaloane care ar da posibilitatea aprecierii porozitatii probelor (fig.9); aceste etaloane, realizate pe aceleasi principii ca si slifurile metalografice examinate în stare neatacata, pot fi utilizate cu rezultate bune pentru corelatii între compactitatea peretelui si cantitatea de gaze (hidrogen) dizolvate.

O metoda eficienta consta în masurarea presiunii hidraulice critice la care are loc strapungerea epruvetei de catre lichidul de încercare, penetrant (fig.10); metoda este cunoscuta din cazul fontelor modificate, prin care se apreciaza gradul de compactare a separarilor de grafit.

In figura 11 sunt indicate rezultatele obtinute de autori în acest sens, pe acelasi tip de silumin eutectic mentionat în figurile 3 - 5. Ca lichid de lucru se poate utiliza petrolul lampant sau uleiul fluid de transformator; pentru determinarea cu acuratete a momentului strapungerii, penetrarii, lichidul de lucru se poate colora cu anilina, iar fondul probei încercate se vopseste fie cu emulsie alcoolica de oxid de titan, fie cu faina de zirconiu sau alumina. In acest fel, pe fondul alb al suprafetei epruvetei supuse încercarii se observa cu usurinta momentul aparitiei punctelor de culoare rosie, în zonele cu densitate scazuta si volum ridicat de pori.

Metoda este aplicata fara dificultate loturilor de piese cu prescriptii de etanseitate hidraulica sau pneumatica: fitinguri pentru aparatura hidraulica, piese cu pereti subtiri, piese din industria chimica sau care lucreaza în medii gazoase.

BIBLIOGRAFIE

[1] **Chira I., Sofroni L., Pana Mihai si Marginean I.:** *Controlul gradului de gazare la aliajele neferoase turnate.* In: Metalurgia, 1993, nr.5, p.44

[2] **Chen X.G., Engler S.:** *Bestimmung des Wasserstoffgehaltes und der Porosität in Aluminiumlegierungen.* In: Giesserei, 76, nr.22, 1989, p.767

SCURTE STIRI

Moskalina F.N.

PROGNOZA INDICATORILOR ELABORARII ÎN FURNAL CU SUFLARE COMBINATA

In: Stal, Federatia Rusa, 1993, nr.1, p.11-15

In articol se prezinta metodologia de calcul a principalilor indicatori - productivitatea furnalului si consumul specific de cocs, care se bazeaza pe evidenta intrarii în creuzet a intensificatorului de baza al procedeului - jetul de oxigen elementar, ca si pe rezultatele sarjelor experimental - industriale cu concentratia de oxigen în aerul insuflat de 30 - 40%.

UN CRITERIU DE CONTROL AL GRANULATIEI PENTRU OTELUL ELECTROTEHNIC TEXTURAT

Dr. ing. Doina Raducanu, sef de lucrari - Universitatea "Politehnica" Bucuresti

C. Z.: 669.184

Introducere

Tehnologiile actuale de fabricatie a otelului electrotehnic cu graunti orientati vizeaza în totalitate obtinerea în produsul finit a texturii de tip **Goss** (110) [001].

S-a demonstrat ca extinderea acestei texturi la volumul întregii table, cu orientare pentru fiecare graunte cristalin apropiata de cea ideala, este garantia obtinerii unor proprietati magnetice apropiate de limitele tehnice posibile.

Pentru a se obtine textura (110)[001] este necesar sa se controleze perfect parametrii de deformare plastica si tratament termic astfel încât (în conditiile unei anumite compozitii chimice) textura cristalografica sa se realizeze cu maximum de eficienta.

Între deformarea plastica la cald si tratamentul termic de recoacere finala la temperatura înalta, otelul electrotehnic texturat suporta alternanta fazelor de deformare plastica la rece - recristalizare. Drept consecinta, în otel au loc o serie de transformari de microstructura si textura. Recristalizarea secundara duce la obtinerea texturii Goss pentru majoritatea grauntilor cristalini daca, dupa recristalizarea primara, în masa de baza s-a obtinut o anumita asociatie de proprietati.

Pentru aceasta este necesar sa fie îndeplinite minimum doua conditii:

» *obtinerea unui graunte cristalin de dimensiuni mici (aproximativ 19-21 μm) dupa recristalizarea primara, stiut fiind faptul ca recristalizarea secundara se desavârseste pe o structura fin recristalizata [1] - [4];*

» *existenta unei fractiuni de textura (110)[001] în straturile din apropierea suprafetei benzii, care sa constituie germenii pentru orientarea favorabila a grauntilor la recristalizarea secundara [5], [6].*

Cercetarile experimentale au fost axate pe stabilirea unor criterii care sa permita mentinerea sub control a parametrilor de deformare plastica la rece si de tratament termic în vederea realizarii conditiilor de mai sus.

Model teoretic

Într-o prima etapa, efectele deformarii plastice la rece si ale tratamentelor de recoacere primara si intermediara asupra marimii grauntelui recristalizat au fost înglobate într-un model care are la baza alternanta fazelor de formare plastica la rece - recristalizare, rezultatul fiind un singur parametru, care reflecta legatura dintre energia înmagazinata la deformarea plastica la rece si eliberarea acesteia în timpul proceselor de recristalizare. Mai exact, prin acest parametru, denumit parametrul de deformare-recristalizare (K_{d-r}), se poate aprecia cantitatea de energie necesara a fi înmagazinata la deformarea plastica la rece pentru a se obtine dupa recoacerea intermediara, la o anumita temperatura, o anumita marime de graunte recristalizat. Ipotezele emise pentru deformarea plastica la rece si pentru recristalizare vor fi tratate distinct.

Pentru deformarea plastica la rece s-au preluat rezultatele obtinute de **I.W.Schoen** [7], exprimându-se energia specifica consumata pentru deformarea plastica într-o singura trecere cu relatia:

$$W = \sigma \cdot \ln \frac{1}{1 - \frac{\Delta h}{h_i}} = \sigma \cdot \left(\frac{h_i}{h_f}\right) \qquad (1)$$

unde:

$\Delta h = h_i - h_f$ reprezinta reducerea absoluta, mm;

h_i - grosimea materialului înaintea deformarii plastice, mm;

h_f - grosimea materialului dupa deformarea plastica, mm;

σ - tensiunea de deformare, Pa.

Relatia (1) este valabila daca se accepta urmatoarele ipoteze:

- *deformatia este distribuita uniform pe sectiune;*
- *temperatura este constanta pe sectiune;*
- *pierderile prin frecare sunt nule.*

Parametrul pentru rezistenta la deformare ε_d se poate calcula cu relatia:

$$\varepsilon_d = K \cdot W = K \cdot \sigma \cdot \ln \left(\frac{h_i}{h_f}\right) \qquad (2)$$

unde K este constanta.

Pentru gradele de deformare paracticate uzual la laminarea la rece a otelului electrotehnic, ecuatia pentru σ este corect descrisa de o functie de tipul:

$$\sigma = \sigma_0 \bar{\varepsilon}^m \qquad (3)$$

unde: σ_0 este rezistenta la deformare pentru conditii initiale;

$\bar{\varepsilon}$ - deformatia reala;
m - constanta.

In acest caz, ecuatia (3) devine:

$$e_d = K \cdot \sigma_0 \cdot \bar{\varepsilon}^m \cdot \ln\left(\frac{h_i}{h_f}\right) \qquad (4)$$

$$\varepsilon' = \frac{\varepsilon_d}{K} = \bar{\varepsilon}^m \cdot \ln\left(\frac{h_i}{h_f}\right) = \bar{\varepsilon}^m \cdot \bar{\varepsilon} = \bar{\varepsilon}^{(m+1)} \qquad (4')$$

unde: $K = k \cdot \sigma_0$; $\bar{\varepsilon} = \ln\left(\frac{h_i}{h_f}\right)$

In ceea ce priveste recristalizarea, pe baza lucrarilor [8],[9] dimensiunea grauntelui recristalizat se poate calcula cu relatia:

$$d_r = \frac{d_0^{\alpha} \cdot Z^{\beta} \cdot D}{\varepsilon_d} \qquad (5)$$

unde:

$$D = D_0 \cdot e^{\left[-\frac{Q_r}{RT_r}\right]} \qquad (6)$$

în care: Z este parametrul Zener-Hollomon;
D_0 - coeficient pentru viteza de recristalizare;
d_0 - dimensiunea grauntelui initial,mm;
Q_r - energia de actionare pentru recristalizare, $J \cdot kg^{-1}$;
R - constanta gazelor, $J\ mol^{-1}\ K^{-1}$;
T_r - temperatura de recristalizare, K.

Având în vedere particularitatile deformarii plastice la rece si ale recristalizarii pentru otelul electrotehnic texturat, sunt valabile urmatoarele ipoteze:

- modificarile dimensiunii grauntelui initial datorita deformarii plastice sunt nesemnificative:

$\alpha = 0; d_0 = 1;$

- efectul vitezei de deformatie si al temperaturii este nul pentru situatia luata în considerare, deci :

$\beta = 0; Z = 1$

In aceasta situatie, ecuatia (6) devine:

$$d_r = \frac{D_0}{\varepsilon_d} \cdot e^{\left[-\frac{Q_r}{RT_r}\right]} \qquad (7)$$

unde, logaritmând si neglijând termenul care îl contine pe D_0, se obtine:

$$\ln(d_r \cdot \varepsilon_d) = -\frac{Q_r}{RT_r} \qquad (8)$$

Deoarece se urmareste sa se obtina o anumita dimensiune pentru grauntele recristalizat, d_r = const, rezulta:

$$T_r \cdot \ln\varepsilon_d = -\frac{Q_r}{R} - T_r \ln d_r \qquad (9)$$

unde: $K_{d-r} = -\frac{Q_r}{R} - T_r \ln d_r = const$

Deci:

$$K_{d-r} = T_r \cdot \ln \varepsilon_d \qquad (10)$$

In ecuatia (10) ε_d se poate înlocui cu ε' si se obtine:

$$K_{d-r} = T_r \cdot \ln \varepsilon' = T_r \cdot \ln\left(\frac{\varepsilon_d}{K}\right) \qquad (11)$$

Din relatiile (4') si (11) rezulta:

$$K_{d-r} = T_r \cdot \ln \bar{\varepsilon}^{(m+1)} \qquad (12)$$

Parametrul K_{d-r} descrie matematic conditiile necesare prin care la deformarea plastica la rece urmata de recristalizarea primara sa se obtina o anumita dimensiune a grauntelui recristalizat.

Verificarea experimentala a modelului teoretic

Inainte de verificarea experimentala a modelului teoretic propus a fost necesar sa se precizeze valoarea constantei **m**.

In acest scop s-a efectuat un experiment pasiv, urmarindu-se dependenta marimii σ în functie de ε pentru un interval de variatie pentru $\varepsilon = 0{,}40 \div 0{,}65$.

S-a ales în mod special acest interval deoarece reprezinta o extensie a gradelor de reducere practicate în mod curent pentru deformarea plastica la rece a otelului electrotehnic texturat. Determinarile experimentale s-au efectuat în sase puncte(ε = 0,40; 0,45; 0,50; 0,55; 0,60; 0,65), pentru fiecare punct efectuându-se doua experiente paralele. Probele laminate în intervalul mentionat pentru reducere au fost supuse la tractiune pe o masina de tip **Los.**

Pentru prelucrarea datelor experimentale s-a liniarizat ecuatia (3), prin logaritmare obtinându-se:

$$\ln\sigma = \ln\sigma_0 + m\ln\varepsilon \qquad (13)$$

Ecuatia (13) este echivalenta cu:

$$\tilde{Y} = b_0' + b_1' X \qquad (14)$$

si este un caz particular al ecuatiei de regresie de tipul:

$$Y = b_0 - b_1\bar{X} + b_1 X \qquad (15)$$

unde: $b_1 = m$; $b_0 = \ln\sigma_0$

Din analiza statistica, pentru ecuatia de regresie a rezultat un coeficient de corelatie cu valoarea r = 0.97766, coeficientii ecuatiei având valorile:

$b_0 = \ln\sigma_0 = 4{,}447$ pentru $\sigma_0 = 84{,}4$ Pa

$$b_1 = m = \frac{1{,}276}{2{,}146} = 0{,}595 \qquad (16)$$

Rezultatele obtinute pentru parametrul **m** sunt confirmate si de o serie de date existente în literatura de specialitate [10], [11]. In aceste conditii, expresia finala a parametrului de deformare - recristalizare K_{d-r} devine: $K_{d-r} = T_r \cdot \bar{\varepsilon}^{1{,}595}$ (17)

Verificarea experimentala pentru modelul reflectat de ecuatia (17) s-a efectuat prin determinari de marime de graunte pe probele rezultate din urmatorul experiment:

S-au folosit probe din otel electrotehnic cu grosimea de 2 mm, laminate la cald si recoapte în vid timp de 1 h la temperatura de 1173 K.

Aceste probe au fost laminate pe un laminor tip cuarto într-o singura trecere si apoi supuse unui tratament termic de recoacere într-un cuptor de laborator în urmatoarele conditii: atmosfera de hidrogen purificata de vaporii de apa cu sita moleculara si de urmele de oxigen din atmosfera cu span de magneziu. Inainte de introducerea si evacuarea probelor din cuptor, spatiul de lucru s-a purjat cu argon. Incalzirea probelor s-a facut cu viteza de 363 K/min, iar racirea cu viteza 42,3 K/min.

Parametrii pentru deformarea plastica la rece si tratamentul termic curent prezentati în tabelul 1 se încadreaza în intervale de variatie mai largi decât cele folosite în mod curent în practica industriala.

Tabelul 1

Valorile parametrului de deformare-recristalizare K_{d-r} obtinute experimental
Experimentally found values for deformation - recrystalisation K_{d-r} parameter

Nr. exp.	%	T_r, K	$\bar{\varepsilon}$	d_r mm•10^{-5}	K_{d-r}
1	65	1173	1,044	1854	+ 80,5
2	58	1223	0,875	1897	- 259
3	56	1273	0,820	1794	- 402
4	50	1273	0,693	1970	- 743
5	50	1223	0,693	1934	- 714
6	50	1173	0,693	1834	- 685
7	49	1273	0,668	1952	- 818
8	49	1273	0,668	1969	- 785
9	49	1223	0,668	1628	- 978
10	48	1223	0,650	6018	- 812
11	48	1173	0,650	2520	- 808
12	46	1223	0,609	2235	- 967
13	46	1273	0,609	2070	- 996
14	44	1223	0,584	2736	- 1048
15	43	1173	0,570	2167	- 1051

Dupa efectuarea întregului experiment în conditiile prezentate în tabelul 1, din probele laminate la rece si tratate termic s-au prelevat esantioane pentru determinarea marimii grauntelui recristalizat.

Dupa pregatirea metalografica, probele rezultate din fiecare experienta au fost examinate la un analizor stereometric cantitativ tip Epiquant folosind urmatoarea tehnica: dupa selectionarea unei zone reprezentative pentru proba respectiva, s-au facut determinari pentru marimea grauntelui recristalizat în sensul directiei de laminare (DL) si în directia transversala (DT) pe directia de laminare. Rezultatele determinarilor experimentale s-au înregistrat pentru cinci câmpuri microscopice în cadrul fiecarei directii. In tabelul 1 se prezinta valoarea diametrului mediu al grauntelui recristalizat (d_r) obtinuta experimental si valorile calculate cu relatia (17) pentru parametrul de deformare-recristalizare K_{d-r}.

Concluzii

In partea introductiva a lucrarii s-a precizat ca pentru a asigura cresterea grauntilor în timpul recristalizarii secundare este necesar ca masa metalica obtinuta dupa recristalizarea primara sa contina graunti de dimensiuni mici. Valoarea optima a diametrului mediu al grauntelui recristalizat (dupa recristalizarea primara) pentru otelul electrotehnic texturat este cuprinsa între 15 si 20. 10^{-6}m[11].

Pentru a obtine marimea grauntelui recristalizat între aceste valori se constata, din datele experimentale, ca valoarea parametrului de deformare-recristalizare K_{d-r} trebuie sa verifice inegalitatea:

$$| K_{d-r} | < 800 \qquad (18)$$

Astfel, inecuatia (18) include conditiile necesare ca, dupa deformarea plastica la rece si recristalizarea primara, sa se obtina marimea dorita a grauntelui recristalizat.

Conditiile specifice pentru fiecare operatie vor depinde de gradul de reducere relativa aplicat la laminarea la rece si de temperatura pentru recristalizarea primara.

BIBLIOGRAFIE

[1] **V. Inokuti, C. Maeda** : Metallurgical Trans. vol. 16 A, 1985, p. 1613

[2] **Sanak Mishira, C. Darmann** : Metallurgical Trans. vol. 17 A, aug. 1986, p. 1301

[3]**Pokorny A. J**: De ferri Metallographia, Ed.Berger L., Paris, 1967

[4]**Yoshiyuki S.Tomot**: Trans. ISIJ, nr. 11, 1985,p.1146

[5]**Ei-Ichi Furubhyash I.**: Trans. ISIJ, vol.27, 1986, p. 513

[6] **Segal V.M**: Ciornaia Metallurghia, nr. 5, 1983, p. 3

[7] **J. W. Schoen**: Metallurgical Trans., vol. 17 A, 1986, p. 1335

[8] **Shoen J. W.**: Metallurgical Trans., aug. 1986, p. 1335

[9] **Thomas H. Alden:** Metallurgical Trans., vol. 18 A, 1987, p. 811

[10] **E. Cazimirovici**: Teoria deformarii plastice. Ed. Didactica si Pedagogica, 1981, Bucuresti

[11] x x x - Materiali pro proektirovania prokatnîh tehov. Moscova, 1968

METODA DE CALCUL PENTRU FUNCTIA DE DISTRIBUTIE A ORIENTARII CRISTALOGRAFICE

Dr. ing. Doina Rad canu, sef de lucrari - Universitatea "Politehnica" Bucuresti
Ing. Aristotel Gheorghe - Universitatea "Politehnica" Bucuresti

C.Z.:669.184

Semnificatia generala si algoritmul de calcul pentru functia de distributie a orientarii cristalografice (FDO) au fost prezentate într-o lucrare anterioara: "Metode matematice de analiza a texturii" [4], [5].

In lucrarea de fata se prezinta un model concret de calcul al FDO pentru o proba din otel electrotehnic aliat cu 3% Si a carei compozitie chimica este prezentata în tabelul 1.

Tabelul 1

Compozitia chimica, %
Chemical analysis

Elementul	C	Si	Mn	P	S	Al	Cu	Cr	Ni
Concentratia	0,03	3,15	0,065	0,05	0,022	0,008	0,01	0,01	0,01

Proba a avut initial grosimea de 2-8 mm si a fost deformata plastic la cald cu ε = 30% la temperatura T = 1373 K.

In calculul FDO, din date experimentale se disting doua mari etape: calculul coeficientilor functiei $C_l^{\mu\nu}$ si calculul functiei sferice $T_l^{\mu\nu}$.

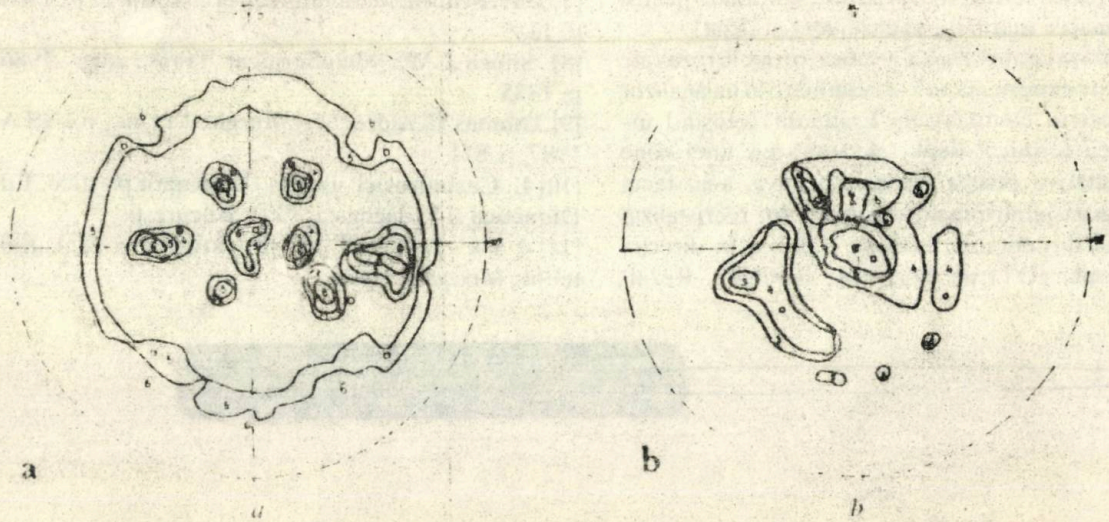
Coeficientii functiei de distributie a orientarii cristalografice $C_l^{\mu\nu}$ pot fi calculati pentru diverse situatii concrete cu valori rezultate din masuratori experimentale. Mai sunt necesare de asemenea valori ce pot servi drept constante impuse de simetria celulei elementare a retelei cristaline a materialului si respectiv de simetria produsului (probei) [1].

Otelul electrotehnic aliat cu 3% Si este o asociatie simetric cubica (cub cu volum centrat pentru celula cristalografica) - ortorombica (forma probei, respectiv a produsului finit - banda sau tabla).

Pentru asociatia simetric cubica - ortorombica numerele M(1) si N(1) depind de valoarea concreta a parametrului 1 pentru care se trunchiaza seria armonica în care se dezvolta FDO (tab.2 si 3) [1], [2].

Se observa ca pentru l_{max} = 34 sunt necesare maximum trei figuri directe de poli pentru calculul functiei de distributie a orientarii cristalografice (FDO). Pentru cazul luat în calcul s- au trasat figurile de poli pentru planele cristalografice (110) si (200) folosind un goniometru tip GUR-8-M (fig.1 a,b). Fiecare punct de pe figura de poli este caracterizat de coordonatele polare (ϕ ,β) si îi corespunde o anumita intensitate a fasciculului difractat, de valoare cunoscuta. Valorile intensitatii (relative) a fasciculului difractat în fiecare punct de pe figura sunt datele initiale de calcul P (h_i, ϕ,β). Cu aceste valori se pot calcula coeficientii $F_i^{\nu}(h_i)$ folosind ecuatia:

$$F_i^{\nu}(h_i) = \int_0^{\pi}\int_0^{2\pi} P(h_i,\phi,\beta)\sin\phi\, d\beta\, d\phi \qquad (1)$$



a b

a b

Tabelul 2

Numarul de solutii liniar independente pentru functia sferica (simetric cubica)
The number of linear independent solutions for the spherical function (cubical symetry)

l	0	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30	32	34	36
M(l)	1	0	1	1	1	1	2	1	2	2	2	2	3	2	3	3	3	3	4

Tabelul 3

Numarul de solutii liniar independente pentru functia sferica (simetric ortorombica)
The number of linear independent solutions for the spherical function (orthoromble symetry)

l	0	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30	32	34	36
N(l)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19

Tabelul 5

Valorile coeficientilor $F_1^{\nu}(h)$ calculate cu ajutorul figurilor de poli pentru planele cristalografice (110) si (200)
F_1^{ν} coefficients (h), calculated with pole figures for (110) and (200) planes

l	ν	F'(110)	F'(200)
4	0	5,90	76
	2	5,90	76
	4	7,07	182
6	0	10,28	-142
	2	10,28	-142
	4	16,48	545
	6	16,48	545

l	ν	F'(110)	F'(200)
8	0	- 3,92	- 12,20
	2	- 3,92	- 12,20
	4	- 1,47	- 5,26
	6	- 1,47	- 5,26
	8	- 2,20	- 44,22

l	ν	F'(110)	F'(200)
10	0	- 14,48	- 26,2
	2	- 14,48	- 26,2
	4	5,38	12,46
	6	5,38	12,46
	8	6,40	14,93
	10	6,40	14,93

l	ν	F'(110)	F'(200)
12	0	17,28	25,26
	2	17,28	25,26
	4	19,60	35,80
	6	19,60	35,80
	8	2,14	4,06
	10	2,14	4,06
	12	23,44	42,80

Tabelul 5 (continuare)

ν	F'(110)	F'(200)
0	6,11	10,86
2	6,11	10,6
4	- 9,02	- 15,93
6	- 9,02	-15,93
8	- 9,71	-17,20
10	- 9,71	- 17,20
12	- 11,71	- 16,53
14	- 11,71	- 16,53
0	1,67	- 6,53
2	1,67	- 16,53
4	2,06	- 7,86
6	2,06	- 7,86
8	- 0,23	5,40
10	- 0,23	5,40
12	- 0,01	- 0,06
14	- 0,01	- 0,06
16	2,04	- 9,2

l	ν	F'(110)	F'(200)
	0	- 2,22	- 5,2
	2	- 2,22	- 5,2
	4	- 7,90	7,66
	6	- 7,90	7,66
18	8	4,78	11,2
	10	4,78	11,2
	12	1,04	- 2,53
	14	1,04	- 2,53
	16	4,50	10,66
	18	4,50	10,66

l	ν	F'(110)	F'(200)
	0	0,77	- 6,73
	2	0,77	- 6,73
	4	1,93	- 7,26
	6	1,93	- 7,26
	8	0,36	- 2,06
20	10	0,36	- 2,06
	12	0,047	- 0,2
	14	0,047	- 0,2
	16	0,065	0,046
	18	0,065	0,046
	20	1,03	- 14,3

l	ν	F'(110)	F'(200)
	0	- 27,47	- 58,4
	2	- 27,47	- 58,4
	4	3,56	7,53
	6	3,56	7,53
	8	12,90	27,46
	10	12,90	27,46
22	12	4,74	10,06
	14	4,74	10,06
	16	0,57	1,33
	18	0,57	1,33
	20	11,63	24,73
	22	11,63	24,73

Relatia (1) se poate calcula folosind formulele de cubatura pe triunghi [3] daca se cunoaste frontiera domeniului de integrat. Limitele domeniului de integrat sunt determinate de unghiuri K cu care se roteste proba în goniometrul care traseaza figurile de poli (proba se roteste cu 360^0 în jurul directiei DN ($\beta = 360^0$) si cu 180^0 în jurul directiei DL ($\phi = 180^0$).

Coordonatele punctelor de pe frontiera domeniului de integrat si valorile corespunzatoare ale intensitatii fasciculului difractat înregistrate experimental pentru planele cristalografice (110) si (200) se prezinta în tabelul 4.

Pentru a integra ecuatia (1) sunt necesare si valorile functiei sferice proiectate în plan $\overset{*}{K}{}_1^{\nu}(h)$

Tabelul 4

Valorile pentru intensitatea relativa a fasciculului difractat pentru planele cristalografice (110) si (200) (impulsuri)
Relative intensity values of the difracted beam for (110) and (200) planes (pulses)

Coordonate	(110)	(200)
$(\frac{\pi}{2}, 2\pi)$	1457	190
$(\frac{\pi}{6}, \frac{4\pi}{3})$	1732	460
$(\frac{\pi}{2}, \frac{2\pi}{3})$	1152	341
$(\frac{5\pi}{6}, 4\frac{\pi}{3})$	1739	937

(pentru simetria probei). Aceste valori se pot calcula din tabelele existente în literatura de specialitate si depind de valorile parametrilor 1 si ν.

Rezultatele acestei etape de calcul se prezinta sintetic în tabelul 5.

Pentru a putea calcula FDO folosind dezvoltarea în serie armonica este necesar sa se calculeze coeficientii $C_1^{\mu\nu}$ si functia sferica $\overset{*}{T}{}_1^{\mu\nu}(g)$ cu relatiile:

$$F_1^{\nu}(h_i) = \frac{4\pi}{2l+1} \sum_{\mu=1}^{M(l)} C_1^{\mu\nu} \cdot K_1^{\mu}(h_i) \qquad (2)$$

$$T_1^{\mu\nu}(g) = \sqrt{2\pi} \sum_{m=0}^{\frac{1}{4}} B_1^{4m,mu} \cdot S_1^{4m,n} \qquad (3)$$

unde valorile $F_1^{\nu}(h_1)$ sunt cunoscute si s-au calculat asa cum s- a aratat mai sus, cu ajutorul datelor experimentale.

Pentru a calcula explicit marimile $C_1^{\mu\nu}$ si $\overset{*}{T}{}_1^{\mu\nu}$ se foloseste o serie de date din literatura de specialitate[1].

Dat fiind faptul ca algoritmul presupune un volum deosebit de mare de calcule, programul de calcul al FDO a fost implementat într-o prima faza pe un microcalculator compatibil IBM-PC/AT.

Prima forma a programului de calcul a fost scrisa sub SGBS "Fox PRO" (compatibil dBASE). In scopul utilizarii facilitatilor grafice ale mediului de dezvoltare de sisteme expert - "GURU" (domeniul inteligentei artificiale), în prezent programul de calcul a fost rescris în acest limbaj, urmând ca programul de reprezentare grafica a rezultatelor sa fie finalizat într-o perspectiva apropiata.

BIBLIOGRAFIE

[1] **Bunge H .I.** : Mathematische Methoden der Texturanalyse , Academie Verlag, Berlin, 1969
[2] **Roe R .J.** : Journal of Appl.Physics, vol.37, nr.5, 1966
[3] **Vraciu E., Popa A.** : Metode numerice cu aplicatii în tehnica de calcul. Ed.Scrisul românesc, Craiova, 1982
[4] **Doina Raducanu**: *Metode matematice (I).* In: Metalurgia, 1992, România, nr.11-12, p.21
[5] **Doina Raducanu**: *Metode matematice (II).* In: Metalurgia, 1993, România, nr.4, p.11

SCURTE STIRI

Borodulin A. V. s.a.

INVERSIUNEA CÂMPULUI DE TEMPERATURA SI PROBLEMELE STABILITATII FUNCTIONARII FURNALULUI

In: Stal. Federatia Rusa, 1993, nr.1, p.15-20

... stabilitatii functionarii furnalului se

SIMPOZIONUL NATIONAL DE METALURGIE

Dr. ing. Florea Strugari, ing. Gheorghe Marcu - S. C. SIDEX S. A. Galati

In perioada 12-14 ianuarie 1993, la Bucuresti s-au desfasurat lucrarile primului **Simpozion National de Metalurgie**. Organizator a fost **Societatea Româna de Metalurgie** împreuna cu institutele de cercetari si proiectari de profil si cu Facultatea de Stiinta si Ingineria Materialelor din cadrul Universitatii "Politehnica" Bucuresti.

Tematica simpozionului a fost "Probleme stiintifice si tehnice actuale ale metalurgiei în România si problemele de restructurare ale acesteia".

In programul de desfasurare a lucrarilor au fost cuprinse 208 comunicari stiintifice si tehnice, structurate pe doua domenii principale:

- **retehnologizarea si restructurarea industriei metalurgice;**
- **tehnologii si materiale noi.**

In ceea ce priveste primul domeniu, s-au remarcat urmatoarele comunicari:

- *"Implicarea Institutului de Cercetari Metalurgice în procesul de restructurare si retehnologizare a industriei metalurgice din România", prezentata de ing. V. Ursu de la ICEM Bucuresti*
- *"Aspecte privind modernizarea pe fluxul de fabricatie a produselor plate", sustinuta de dr.ing.F.Strugari de la "SIDEX" S.A.*
- *"Analiza comparativa a procesului de restructurare a industriei siderurgice în tarile vest- si est-europene", realizata de ec. A.Toia de la ICEM Bucuresti*
- *"Consideratii privind calitatea fabricatiei tablelor groase din otel", elaborata de ing.A.Florea de la "SIDEX" S.A. si ing.P.Ianc de la ICEM Bucuresti*
- *"Abordarea eficientei economice a obiectivelor de investitii prin prisma indicatorilor dinamici", prezentata de ing. H.Costin de la IPROMET Bucuresti*
- *"Contributia IPROLAM la restructurarea industriei siderurgice românesti", sustinuta de ing. P.Nedelcu de la IPROLAM Bucuresti*

Domeniul tehnologiilor si materialelor noi a fost structurat astfel:

- **Materiale ceramice si refractare**
- **Cocs si produse carbografice**
- **Deformarea plastica si tratamentele termice ale materialelor metalice**
- **Aliaje speciale si produse din pulberi sinterizate**
- **Analize si încercari ale materialelor metalice**

In acest context, profitându-se de prezenta unor specialisti straini, s-au organizat si doua "mese rotunde" cu tematici arzatoare:

» *Strategia cercetarii si dezvoltarii metalurgiei în perioada 1993-2000*

» *Implicarea institutelor de cercetare-dezvoltare si a institutelor de învatamânt superior tehnic în actiunea de restructurare si retehnologizare a industriei metalurgice din România*

Previziunile organizatorilor cu privire la participarea specialistilor la lucrarile simpozionului au fost total depasite.

Amfiteatrul în care s-au desfasurat lucrarile s-a dovedit neîncapator pentru cei care au venit din Bucuresti si din tara pentru acest eveniment.

Din comunicari si dezbateri s-a desprins hotarârea tuturor specialistilor de a contribui la aducerea la nivel competitiv a industriei metalurgice românesti. A reiesit de asemenea ca este un imperativ al economiei noastre redresarea acestei ramuri fara de care celelalte ramuri ale economiei vor avea de suferit imprevizibil de mult.

Începând cu anul 1993, se vor realiza 6,5 milioane tone otel în România, din care jumatate la Combinatul Siderurgic Galati. Restructurarea siderurgiei românesti de fapt n-a început, fiind în faza de studii si analiza (la nivelul fiecarei societati comerciale) asupra situatiei produselor metalurgice nerentabile.

Actiunea de modernizare si retehnologizare a siderurgiei românesti este mult îngreunata de lipsa fondurilor valutare absolut necesare. Pentru contractele de modernizare încheiate, s-a solicitat urgentarea actelor normative prin acordarea scrisorilor de garantie din partea **EXIMBANC**.

S. C. "SIDEX" S. A.
RETROSPECTIVA SI RELANSARE ECONOMICA

Ec. Padure Constantin - S. C. SIDEX S. A. Galati

Societatea comerciala "SIDEX" S.A. Galati îsi desfasoara activitatea în contextul general al aplicarii programului de reforme ce cuprinde mutatii de ordin structural, organizatoric si gestionar, declansate de mecanismele specifice economiei de piata prin pârghii legate de liberalizarea deciziilor privind productia, investitiile, comertul si preturile.

Aparut pe harta tarii în urma cu trei decenii, Combinatul Siderurgic Galati a fost un obiectiv care a corespuns si raspuns cerintelor de dezvoltare pentru o anumita etapa. Acum, când a acumulat un serios potential material si o bogata experienta organizatorica, desi se confrunta cu declinul economic general si curba descrescatoare a activitatii partenerilor contractuali, combinatul totusi poate sa asigure o strategie de dezvoltare bazata pe modernizare si eficientizare. Mentinându-se în circuitul mondial pe piata de materii prime si a otelului în calitate de beneficiar si furnizor, combinatul poate asigura pentru piata interna o gama larga de laminate plate si produse secundare. In acelasi timp combinatul este un loc unde se poate plasa capital în actiuni importante si retehnologizare.

In plina etapa de dezvoltare a proceselor tehnologice sofisticate de mare interes si valoare, otelul ramâne în continuare un produs, alaturi de petrol, la care omenirea înca nu poate si nu va renunta mult timp.

Cu toate acestea combinatul traverseaza o etapa de scadere cantitativa a productiei de otel pe fondul conjuncturii internationale, manifestarii structurale a consumului intern, inflatiei si instabilitatii monetare.

Producerea unei cantitati de aproape 3 milioane tone de otel si asigurarea locurilor de munca pentru 38 mii de salariati, la care se adauga alte zeci de la societatile comerciale în regim de cooperare constituie un prim aspect ce trebuie totusi apreciat economic si social.

Continuând ideea, interesant este de subliniat faptul ca în totalitate valuta necesara importului de materii prime, gaze naturale si energie electrica a fost asigurata din exportul de produse facut direct sau indirect prin intermediul societatilor comerciale continuatoare a prelucrarii metalului.

O apreciere pripita a nivelului productiei obtinute este prematura atât timp cât nu se are în vedere faptul ca în anul 1992 s-a resimtit din plin influenta destramarii pietei est-europene si reducerea consumului de metal pe plan intern ca urmare a restructurarii unor importante sectoare din economie si stagnarii programelor de investitii.

Asupra câtorva aspecte comerciale trebuie sa atragem atentia întrucât activitatea societatii comerciale s-a desfasurat în conditiile unei economii lipsite în mare masura de mijloacele si instrumentele specifice stimularii dezvoltarii productiei si investitiilor sub impactul blocajului financiar, al dezechilibrelor financiare, monetare si valutare. Datele statistice evidentiaza ca economia s-a aflat în recesiune economica, produsul intern brut a scazut, inflatia a cunoscut evolutii aberante, dobânda bancara a fost nestimulativa, iar preturile au cunoscut cresteri explozive.

Analiza rezultatelor obtinute de societatea comerciala în acest mediu de factori evidentiaza faptul ca activitatea productiva în ultimii trei ani a fost într-un declin continuu.

Productia de laminate plate si alte produse finite si semifabricate siderurgice a ajuns la mai putin de jumatate fata de cea realizata în anul 1989, în timp ce preturile cu ridicata sunt în crestere de peste 20 de ori, drept urmare directa a devalorizarii cursului de referinta a leului în raport cu dolarul american, ca si pentru alinierea la pretul energiei, combustibilului si tarifelor de transport, elemente cu pondere în costul de fabricatie.

Blocajul financiar se ridica la peste 60 de miliarde lei, cu toate ca s-au luat masuri de compensare a platilor restante în relatiile cu clientii si furnizorii, actiune ce a condus la deblocarea unei treimi din veniturile înscrise în bilant. Dobânzile bancare depasesc valoarea de 1 miliard lei pe luna.

Subcapitalizarea societatii comerciale si politica monetara restrictiva practicata de Banca Nationala sunt factori de seama ce au determinat în buna parte blocajul financiar si marimea dobânzilor bancare.

Subcapitalizarea este urmarea directa a modului de alocare restrictiva a fondurilor de productie si circulatie pâna în anul 1989, când acestea erau de regula acoperite cu surse atrase si credite bancare, elemente a caror marime în conditiile actuale nu poate tine pasul cu nevoile determinate de explozia preturilor.

Cererile de creditare au fost satisfacute numai în proportie de 2/3, iar nivelul dobânzilor impus a fost doar formal negociat. Din aceasta cauza nu au fost satisfacute nevoile reale ale societatii comerciale în raport cu evolutia si structura nominala a elementelor patrimoniale ce necesitau fonduri proprii.

In acelasi timp cheltuielile totale la 1000 lei productie marfa au fost afectate cu cel putin 70 lei dobânzi bancare. Deci, pe lânga diminuarea posibilitatilor de lichidare a obligatiilor de plata ca urmare a unor credite mai mici, s-au redus resursele pentru constituirea fondurilor de dezvoltare si de productie, drept consecinta a dobânzilor mari.

Se poate aprecia ca din lipsa de credit bancar s-a folosit creditul comercial, involuntar si în afara sis-

temului bancar, care nefiind institutionalizat a dezorganizat activitatea economica si financiara. Nu au fost platite din bugetul de stat obligatiile pentru impozite si taxa, iar bancii dobânzile.

Liberalizarea preturilor în conditiile de profunda criza economica si scaparea inflatiei de sub control au accentuat si mai mult blocajul financiar.

Strategia anului 1993 cuprinde ca obiective diversificarea sortimentala continua a productiei, cresterea calitatii si complexitatii produselor, dotarea cu utilaje noi si tehnologii moderne, livrarea prompta la beneficiarii din tara si la export a marfurilor contractate.

Pentru aceasta este necesara asigurarea cu resurse financiare, materiale si umane. Un loc aparte il va ocupa utilizarea eficienta a creditelor bancare, asigurarea de materii prime, combustibili si energie la parametri superiori si perfectionarea pregatirii salariatilor. O atentie deosebita se va acorda perfectionarii sistemului decizional si conducerii gestionarii economice.

REVISTA REVISTELOR

STAHL UND EISEN, GERMANIA, 1993, NR.7

- Aspecte tehnice ale dezvoltarii industriei siderurgice (Raport prezentat la al 8-lea colocviu "Tehnica materialelor 17.VI.'93 - Aachen), p.29
- Sisteme integrate de automatizare conduc complexul metalurgic din Shlobin (Belorusia), p.35
- Urmarirea bucata cu bucata a lingourilor, bramelor si tagielor între otelarie si laminoare (Raport prezentat în cadr sectorului Laminoare al VDEh, 26.III.'92 - Aachen), p.43
- Optimizarea si urmarirea conducerii procesului la turnarea continua a otelului, p.51
- Noutati constructive la o masina de cojit rotativa, p.59
- Conducerea în conditii de saracie. Cum reactioneaza întretinerea instalatiilor (Raport prezentat la forumul anual VDI - VDEh pe probleme de întretinere, 21.IV.'93 - Bad Homef), p.65
- Productia economica de benzi din otel inoxidabil într-un laminor Steckel, p.71
- Influenta procesului de deformare asupra aderarii, la placarea benzilor metalice prin laminare la rece, p.81
- HTM (High turbulence mixer) - Dispozitiv de amestecare cu înalta turbulenta; un nou reactor pentru otelarii turnatori, p.89
- Insuflarea în furnale a prafului de carbune si a minereului de fier, p.95
- Analizarea spectrometrica a otelului paraseste laboratorul central (Raport prezentat la cea de-a 114-a întrunire sectorului de chimie din VDEh - 26.XI.'92 - Düsseldorf), p.103
- ICP-MS analiza multielementara a probelor în stare solida si lichida, prin vaporizare cu laser si analiza injectiei d lichid (Raport prezentat la cea de-a 114-a întrunire a sectorului de chimie din VDEh - 26 XI.'92-Düsseldorf), p.107
- Industria europeana a tevilor din otel si dumpingul, p.109
- Asigurarea viitorului prin cercetare. Un bilant intermediar al înfiintarii cercetarii privind utilizarea otelului, p.127
- Scurte informatii tehnico-economice
- Congrese si târguri
- Bibliografie
Programul actiunilor de perfectionare tehnico-stiintifica, tehnologica si economica, organizate de VDEh pent semestrul II 1993

SCURTE STIRI

Parsien V.M. si Katomin B.N.

ANALIZA STARII SI DIRECTIILE DE BAZA ALE DEZVOLTARII TURNARII CONTINUE A OTELULUI IN FOSTA U.R.S.S.

In: Stal, Federatia Rusa, 1993, nr.1, p.22-24

Se prezinta principalele tipuri de masini de turnare continua a otelului si semifabricatele care se toarna p aceste masini

IMBUNATATIREA CALITATII LINGOURILOR DIN OTEL PRIN DIMINUAREA GRADULUI DE TURBIONARE A JETULUI LA TURNAREA PRIN ORIFICIUL INCHIZATORULUI TIP SERTAR

Ing. Eugen Petica - UOR
Ing. Ciresica Corindau, ing. Eugen Frosin - ICPPAM

C. Z.: 621.74

Turnarea otelului, prima etapa în fluxul tehnologic al metalurgiei prelucratoare, prezinta o importanta covârsitoare pentru rezultatele înregistrate, determinând calitatea, nivelul cheltuielilor, precum si modul de utilizare a capacitatilor de productie în amonte si aval de procesul de turnare.

Punctul critic din otelarii si turnatorii îl constituie orificiul de golire al recipientilor de turnare deoarece întreaga productie de metal si aliaje lichide trebuie sa treaca într-un timp scurt si în mod controlat prin aceasta.

Factorii principali care influenteaza calitatea lingourilor turnate direct sunt:

» repartitia fluxurilor de otel lichid si circulatia acestora în interiorul lingoului turnat;

» conditiile de contractie a otelului în lingotiera;

» marimea tensiunilor care apar în crusta primara a lingoului în curs de solidificare.

Cea mai importanta particularitate a turnarii otelului direct în lingotiera se observa în momentul contactului prin impact între jetul de metal si lingotiera, însotit de sudarea otelului de placa de baza si împroscarea cu metal lichid a peretilor lingotierei.

Turnarea directa a otelului calmat se adopta pentru otelurile cu susceptibilitate scazuta la crapaturi, turnate în lingouri de dimensiuni mari, la care se poate asigura o ridicare lenta a otelului sau pentru otelurile la care economia de manopera este mai importanta decât calitatea suprafetei.

În vederea determinarii evolutiei debitului s-au întreprins cercetari pentru realizarea unui model matematic care se bazeaza pe rezolvarea ecuatiei:
Qreal = f(τ_{1+12}, T, G, C, Si, Mn, Al); Q(t/min) (1)

unde:
Q'real este debitul de metal lichid/lingou, t/min

$$Q'real = \frac{g}{t} \qquad (2)$$

în care: g este greutatea lingoului, t;
t este timpul de umplere a lingotierei, min.

$$(1)\ Q_{teoretic} = \frac{\pi D^2}{4}\rho 60\sqrt{\frac{2gh}{1+\lambda\frac{L}{D}}}\ \text{t/min} \quad (3),$$

unde:
D este diametrul orificiului, D = 60 mm;
ρ - densitatea otelului, ρ = 7,1 t/m^3;
g - acceleratia gravitationala, g = 9,81 m/s^2;
h - înaltimea ferostatica, m;
λ - coeficientul de rezistenta hidraulica, λ = 0,85;
L - lungimea canalului orificiului de alimentare, L = 0,71 m.
(2) τ_{1+12} - timpul de umplere a lingotierelor, min.
(3) T - temperatura otelului în oala în momentul turnarii, ^{0}C.
(4) G - greutatea otelului în oala, t.

Drept parametri variabili (marimi perturbatoare) se disting:

» temperatura otelului în oala,T, ^{0}C;

» greutatea otelului în oala,G, t;

» analiza chimica: C, Si, Mn, P, S, Al, %;

» timpul de umplere a lingotierelor.

Drept parametri constanti în relatia debitului se considera:

$$Q = \frac{\pi D^2}{4}\rho 60\sqrt{\frac{2gh}{1+\lambda\frac{L}{D}}}$$

în care:
- diametrul D = const. = 60 mm;
- densitatea ρ = 7100 kg/m^3 = 7,1 t/m^3;
- acceleratia gravitationala g = 9,81 m/s^2;
- coeficientul de rezistenta hidraulica λ = 0,85 = cond.;
- lungimea canalului orificiului de alimentare L = 0,71 m;
- viscozitatea cinematica a otelului cu 0,11%C:
ν = 0,005 cm^2/s = 0,005 * 10^{-4} m^2/s

Simularea curgerii a fost posibila datorita similitudinii geometrice, timpului, fortei temperaturii si masei, ajungându-se la conditia similitudinii Froude: Fr = V(4) pentru fortele semnificative ale greutatii (masei) si gravitatici.

Tinând seama de ecuatia pentru fortele frictiunii $\tau = \lambda^2 \frac{\nu}{\nu^*}$(5) si de ecuatia pentru fortele masei si gravitatici, pentru aceeasi pozitie geografica g = g* ⇒ $\Rightarrow \lambda = (\frac{\nu}{\nu^*})^{\frac{2}{3}}$ (7), observându-se ca se poate folosi apa ca lichid model pentru a realiza o buna similitudine: ($\nu = \nu^*$).

Pentru simularea curgerii otelului prin orificiul inferior de la închizatorul tip sertar s-a folosit un amestec din apa si glicerina, iar pentru simularea zgurii, ulei M30. Reliefarea curgerii s-a facut prin indicatori colorati (rosu), precum si prin particule care plutesc (pulbere de aluminiu). Cunoasterea curgerii de suprafata este importanta mai ales pentru stapânirea deplasarii zgurii în baia de metal. Curgerea la suprafata este vizibila datorita particulelor indicatorului care plutesc, iar curgerea volumetrica, datorita particulelor de flotatie care fac vizibile traiectoriile reale ale curgerii în toate directiile.

S-a demonstrat ca forma jetului de metal, aparitia turbulentei si a altor fenomene hidrodinamice determina aparitia de defecte în lingotierele turnate.

Pentru realizarea unui debit de otel cu caracter stabil trebuie actionat în sensul micsorarii turbulentei jetului si al cresterii fortei de tensiune superficiala.

In acest scop s-au experimentat sase tipuri de duze a caror sectiune transversala a fost: patrata, stea, toroidala, ovala, triunghiulara si trefla. Pentru fiecare în parte s-a calculat gradul de stabilitate a jetului de sectiunea si perimetrul sau:

$$E_s = \frac{S \rho V_0^2}{p \sigma}$$

în care: S este suprafata sectiunii orificiului, m^2;

ρ - densitatea lichidului, kg/m^3;

ρ_{apa} = 103 kg/m^3;

V_0 - viteza de curgere a lichidului din duza, m/s;

p - perimetrul sectiunii orificiului, m;

σ - coeficientul tensiunii superficiale, N/m;

$\sigma_{apa} = 72 * 10^{-3}$ N/m.

Dupa unii cercetatori, stabilirea jetului se obtine când valoarea Es < 15.

Dupa calculele efectuate orificiul tip trefla determina stabilitatea maxima a jetului si raportul (înaltime orificiu)/diametru (h/d) cu valoarea minima.

Se stie ca, o data cu cresterea raportului h/d creste turbulenta jetului de lichid, respectiv apa ca model si cantitatea de bule de aer separate.

Astfel s-a trecut la reproiectarea orificiului inferior de la închizatorul tip sertar (fig.1 si 2), pornind de la echivalenta sectiunii orificiului de forma

Fig. 1

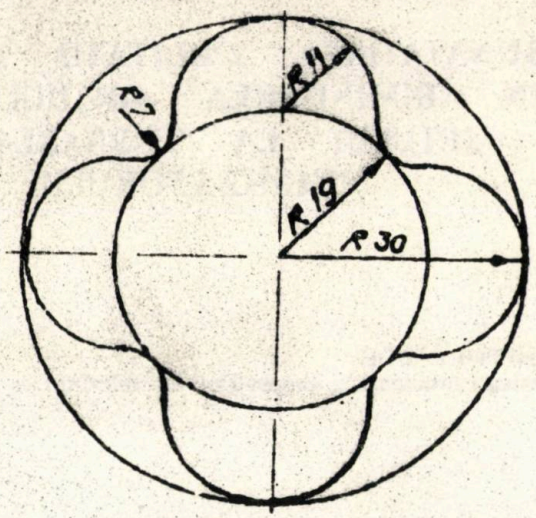


Fig. 2

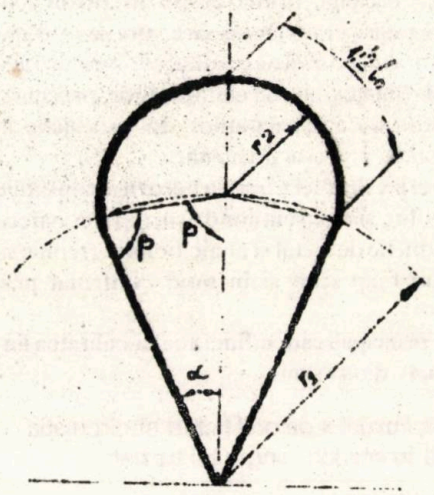
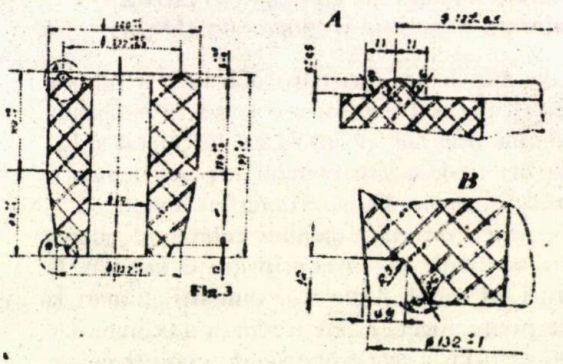


Fig. 3



transversala circulara (Φ 60 mm) cu cea a orificiului de forma trefla:

$$r_0^2 = \frac{(h+1)\pi r_2^2)}{2} + \pi r_1^2 a \qquad (9)$$

unde $r_2 = 2r_1 \cos \beta$

In finalul calculului se ajunge la valorile razelor de racordare ale profilului trefla: R7 este raza de

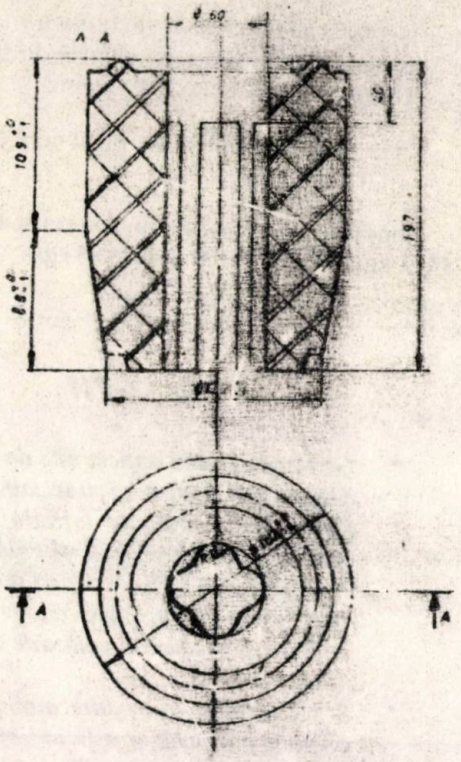


Fig. 4

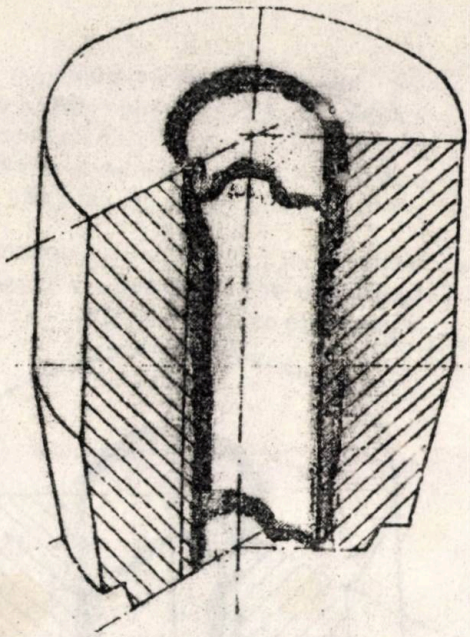


Fig. 5

racordare dintre cele doua canale, iar R11- raza unui canal (fig.1).

La cererea S.C."SIDEX" - S.A. GALATI, Uzina Otelarii-Refractare a executat experimental la "Real" S.A. Pleasa 130 de bucati de orificii tronconice cu interior modificat pentru ansamblul de închidere tip sertar, conform desenului GR 538-01-T-MT (fig.3 si 4).

S-au verificat în exploatare 35 de orificii inferioare cu sectiunea transversala trefia la turnarea otelului necalmat marcile: A3N, UST13, OL32-1N si 8 orificii inferioare de aceeasi forma la turnarea otelului silicios marcile: M22, M36, M45, M478. Concluziile privind rezultatele experimentarilor industriale au fost trecute în tabelul 1.

Tabelul 1

Rezultatele experimentarilor industriale
Industrial experiment results

Tipul orificiului	Debitul de otel lichid	Rebutul de material la prima laminare datorita aschierilor metalice	Suprafata flamata	Scoaterea de metal în faza de laminare din sleb	Consumul specific
	Q, t/min	R, %	S_{II}, %	S, %	Csp, %
Sectiune transversala circulara ϕ = 60mm	Q^1 = = 3,33	4,73	15,46	87,87	1151,23
Sectiune transversala trefia ϕechiv = 60 mm	Q^2 = = 3,28	1,21	7,05	88,59	1131,24
Sectiune transversala circulara ϕechiv. = 70 + 80 mm	Q'^1 = = 3,32	15,46	10,48	74,04	1364,28
Sectiune transversala trefia ϕechiv = 80mm	Q'^2 = = 3,069	3,75	8,84	76,07	1320,83

Concluzii privind experimentarea orificiului cu sectiunea transversala profilata

In cazul OTELULUI NECALMAT, prin utilizarea orificiului de tip profilat, de diametru echivalent Φ 60 mm:

» s-a asigurat o turnare cu jetul plin, compact de gradul I (la cele 35 sarje de otel necalmat analizate), iar cantitatea de aer înglobata este minima, scazând oxidarea secundara;

» a scazut viteza liniara de curgere cu 1,91 m/min, fata de viteza obtinuta cu orificiul de sectiune circulara, ceea ce a implicat scaderea de umplere a lingourilor si a vitezei maxime a curentilor de recirculare a otelului în lingotiere, cu efecte pozitive;

» suprafata exterioara a lingourilor s-a îmbunatatit, deci s-au redus consumul de metal prin flamare (suprafata flamata a scazut cu 8,41%) si volumul de munca pentru operatia de flamare manuala;

» a crescut cu 1,52% scoaterea de metal în faza lingou-sleb ca urmare a scaderii rebutului de material cu 3,52% si a suprafetei

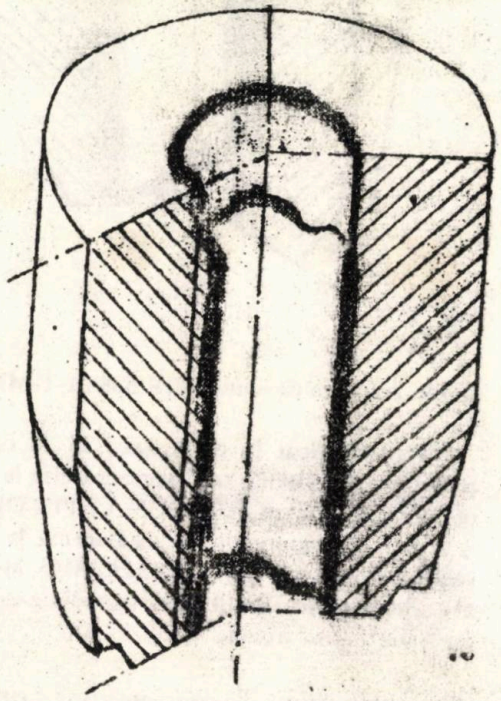


Fig. 6

flamate cu 8,41% datorate aschiilor de metal;

» a scazut consumul specific de metal cu 20 kg/t în faza lingou- sleb.

In cazul OTELULUI SILICIOS, ca urmare a experimentarii orificiului inferior cu sectiunea transversala profilata, de diametru echivalent Φ 60 mm:

» s-a asigurat o turnare de gradul I cu jetul plin (la cele 8 sarje de otel silicios analizate), iar ca urmare a înfasurarii jetului în masa de metal preexistenta a scazut cantitatea de bule de aer înglobata în jet;

» a scazut viteza liniara de curgere a otelului din oala;

» s-a îmbunatatit suprafata exterioara a lingourilor, deci s-a redus suprafata flamata cu 2%;

» a scazut rebutul material datorat aschiilor de metal de la 15,46% la 3,75%. Valoarea de 15,46% a fost obtinuta în urma turnarii a 8 sarje de otel silicios cu orificiul de sectiune transversala circulara Φ 80 mm;

» a crescut scoaterea de metal cu 2,03%, de la 74,07 la 76,07%.

Implicit a scazut consumul specific de metal cu 43,45 kg/t, de la 1363,28 la 1320,83 kg/t.

CONCLUZII

* *Greutatea noului orificiu este de 9 kg, fata de 8 kg greutatea orificiului cu sectiunea circulara;*
* *Porozitatea aparenta initiala la orificiile realizate din mase superaluminoase de tip trefla este de 18,3%, iar dupa turnare este de 21,8%, fata de porozitatea aparenta initiala la orificiile de sectiune circulara de 15% iar dupa turnare 20,1%.*
* *S-a constatat o erodare mai puternica la orificiul prin care s-a turnat otel necalmat, temperatura de turnare fiind mai mare decât la otelul silicios (fig.5 si 6).*
* *In cazul turnarii otelului silicios se considera necesara reproiectarea orificiului inferior de*

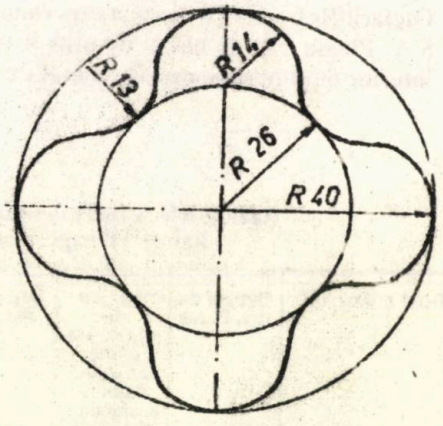
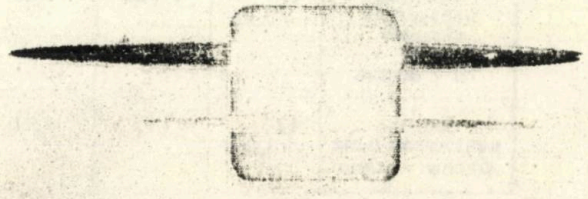


Fig. 7

profil trefla cu Φ_{ech} 80 mm fata de Φ_{ech} 60 mm (fig. 7), deoarece s-a constatat o scadere a vitezei de curgere si un timp de umplere a lingotierelor mai îndelungat.

* *Pretul de cost în anul 1991, în cazul orificiului inferior de sectiune circulara, a fost de 131,052 lei/t, iar pentru orificiul de sectiune profilata a fost de 152,000 lei/t, pret considerat convenabil.*



CONCEPT DE SDV CU ELIMINATOR PNEUMATIC ADAPTABIL PENTRU CIOCANE DE FORJARE LIBERA SAU MATRITOARE

Ing. Grigorie Dobrescu si tehn. Constantin Luca - S. C. Mecanica S. A. Mârsa - Avrig

C. Z.: 621.75

Noile mutatii sortimentale sub aspectul diversificarii produselor, generate de cerintele de integrare a industriei în specificul economiei de piata, remarca influente structurale similare si în cazul productiei de piese forjate liber si matritate, scazând astfel seriile de fabricatie si diversificându-se nomenclatoarele de productie. Scaderea seriilor de fabricatie, ca si diversificarea sortimentala a pieselor duc implicit, din considerente economice, la extinderea forjarii libere, caracterizata prin cheltuieli minime de pregatire a fabricatiei, folosirea de utilaje cu cheltuieli de exploatare si întretinere reduse în raport cu ciocanele matritoare, dar deficitara prin calitate si costuri materiale. Inlocuirea matritarii cu forjare libera implica însa solutii tehnologice si echipare cu SDV-uri care sa permita cresterea permanentelor calitative si sub aspectul preturilor, deci direct se impune modernizarea tehnologiilor si SDV-urilor folosite în prezent în procesele tehnologice de forjare libera. In functie de conditionarile marcate, la nivelul forjei proprii pentru piesele de tip ax cu flanse realizabile în serii mici si mijlocii, solutia optima a devenit conceptul de matrita amovibila, cu eliminator pneumatic. In prezent constructele de matrite uzual folosite pentru forjarea libera a pieselor de tip ax cu flanse, executate în serii mici si mijlocii, corespund matritelor sustinute liber pe suprafata nicovalei, manevrate din lateral cu sisteme de mânere si prevazute cu gauri pe suprafata frontala destinata eliminarii manuale a pieselor, prin aducerea matritei în plan orizontal si folosind pentru aplicarea fortei un ciocan de mâna. Un astfel de concept se evidentiaza în figura 1, putând avea unul sau doua mânere de manevra, în functie de dimensiunile piesei ce determina greutatea materiei manipulate.

Aceste solutii de matrite (saibe de refulat) prezinta însa o serie de dezavantaje tehnico-economice, dintre care se pot remarca: grad redus de tehnicitate, pericol de spargere si generare de accidente de munca, folosirea de personal suplimentar de deservire impus de manevrarea matritei în timpul lucrului si la faza de extractie a piesei, efort fizic mare pentru personalul de executie, folosirea de SDV-uri cu consumuri mari de otel MoCN15, productivitate scazuta generata de timpii auxiliari pentru manevra si extractia piesei, precum si folosire suplimentara de personal în acest scop.

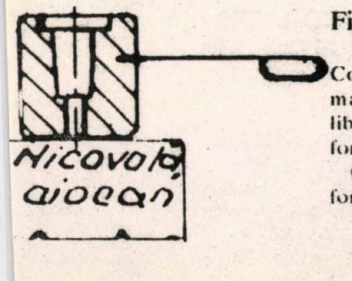


Fig. 1

Concept uzual de matrita de forjare libera pe ciocane de forjare libera

Conventional drop forging die

Eliminarea acestor deficiente devine însa posibila prin adoptarea noului concept de matrita, cu parte activa interschimbabila si echipata cu sistem de extractie pneumatic, evidentiat în figura 2.

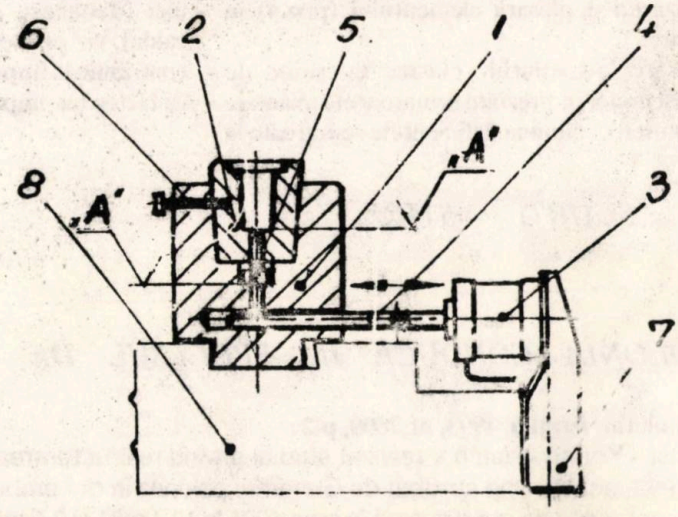


Fig. 2

Matrita cu suport fix, parte activa interschimbabila si echipata cu sistem de extractie pneumatic

Fix interchangeable die with pneumatic ejector

Conceptual, aceasta solutie consta din: suportul matritei (poz. 1); matrita activa interschimbabila (poz. 2); cilindrul pneumatic (poz. 3), având montat pe tija pistonului cama (poz. 4), ce actioneaza eliminatorul (poz. 5). Matrita amovibila se asigura prin surubul (poz. 6), în vederea evitarii în timpul lucrului a tendintei de iesire din cavitatea sa din suportul fix (poz. 1).

Cilindrul pneumatic este montat lateral fata de utilaj (poz. 8) pe suport (poz. 7), fiind fixat în fundatie prin suruburi adecvate, putând astfel sa fie demontat în perioadele când nu se lucreaza cu acest tip de matrite.

Ca functionalitate se pot remarca urmatoarele: eliminarea piesei din matrita, care dupa refulare este asigurata prin intermediul actionarii eliminatorului (poz.5), acesta fiind interpus între piesa si pana de eliminare (poz. 4) montata în ghidajul practicat în corpul matritei si având în zona eliminatorului profil de cama, care sa asigure la actionarea sa prin cilindrul pneumatic (poz. 3) deplasarea tijei de eliminare pe înaltimea impusa de conditiile de extractie a piesei. Pentru evitarea ruperii acestui element la eventualele blocari fata de tija pistonului, s-a prevazut montarea sa prin intermediul unei articulatii. Elementul de extractie este protejat prin prelucrarea fortei de deformare a materialului de catre matrita si eliminator prin suprafetele indicate cu "A".

Cilindrul pneumatic adoptat pentru matrite utilizabile pe ciocan de (750-1000) kgf în forjare libera are urmatoarele caracteristici tehnice: forta dezvoltata la presiunea de 4-5 daN/cm^2 este de maximum 1250 kgf; cursa activa = 150 mm; diametrul cilindrului - 180 mm; cilindrul este cu dublu efect pentru realizarea deplasarii elementului (poz.4) în ambele sensuri.

Comparativ cu solutiile clasice de saibe de refulare, acest concept prezinta urmatoarele avantaje tehnico-economice: elimina deficientele remarcate la solutiile actuale; are grad de utilizare universal pentru o gama mai mare de piese de tip ax cu flansa, limitat însa de diametrul maxim al flansei fata de dimensiunile suportului matrita; solutia este adaptabila si pentru înlocuirea sistemelor de eliminare mecanice sau hidraulice aplicate pentru piese similare realizate pe ciocane matritoare, fiind însa conditionata de dimensiunile cilindrului pneumatic rezultat în functie de forta de extractie si de presiunea aerului, devenind recomandabil pentru ciocane de forjare libera sau matritoare pâna la maximum 2 tf. Prin sistemul de montare fata de utilaj echipamentul este autonom, putând fi dizlocat în cazul neutralizarii. Echipamentele implicate de aplicarea acestui concept, ca si SDV-urile aferente sunt realizabile la nivelul dotarilor normale ale activitatilor de prelucrari mecanice din scularii sau sectoarele de productie.

Solutia este optima si eficienta pentru serii mici si mijlocii de fabricatie si este mai indicata decât sistemele cu actionari hidraulice, excluzând eventualele pericole de incendii generate de scurgerile de ulei (deoarece se lucreaza cu materiale în stare calda), iar prin evacuarea aerului în spatiul de lucru contribuie la împrospatarea si depoluarea atmosferei, ca factor cu implicatii ecologice.

SCURTE STIRI

POLONIA CONDUCE ÎN PROCESUL DE RESTRUCTURARE

In: Metal Bulletin, **Anglia**, 1993, nr.7809, p.27

Firma Ernst - Young - Hatch a realizat studiul privind restructurarea industriei siderurgice poloneze în august 1992, acesta fiind aprobat de Guvernul polonez în decembrie 1992.

Productia poloneza de otel a scazut în anul 1991 la 10,4 mil.t si 9,8 mil.t în 1992; numarul de muncitori a scazut de la 190000 în 1988 la 130000 în 1991. Se remarca si unele succese în domeniul privatizarii, dându-se ca exemplu societatea mixta facuta de Huta Varszawa cu grupul italian Luchini si o societate mixta în domeniul comercial între Aioc (S.U.A.) si Stalexport din Polonia.

UNGARIA ASTEAPTA SPRIJINUL SI PROTECTIA STATULUI

In: Metal Bulletin, **Anglia**, 1993, nr.7809, p.33

In anul 1993 se vor realiza doua studii de restructurare a siderurgiei ungare, unul cu COOPERS - LYBRAND si al doilea în cadrul programului PHARE. Se afirma ca statul va acorda sprijinul sau atât pentru restructurarea industriei siderurgice cât si pentru limitarea importurilor de produse. Productia de otel a fost de 1,5 mil.t în 1992

Cel mai mare producator, DUNAFERR, desi lucreaza la 90% din capacitate, face fata unor dificile de transport, datorita embargoului pe traseul dunarean, prin Serbia.

Societatea DNM, producator de profile, are în prezent unele probleme cu partenerii sai straini nu si-au onorat obligatia de a varsa capitalul pentru cota lor de participare (30%) la capitalul social împreuna cu agentia de privatizare SPA.

STUDII PRIVIND FRAGILITATEA LA REVENIRE A OTELULUI 40CR10

Dr. ing. Ioan Ilca, profesor Universitatea Tehnica Timisoara.
Ing. Doina Frunzaverde, asistent universitar Universitatea "Eftimie Murgu" Resita

C. Z.: 621.785.7

CONSIDERATII TEORETICE

Revenirea otelurilor calite are ca efect, pe de o parte, reducerea partiala sau totala a tensiunilor de calire, iar pe de alta parte înmuierea otelului, respectiv scaderea caracteristicilor de rezistenta si cresterea celor de plasticitate si ductilitate.

Exista însa situatii în care pe curba de variatie a energiei de rupere prin soc (KV) cu temperatura de revenire exista unul sau chiar doua minime: unul la temperaturi de aproximativ 250-400^{0}C si altul la cca 500-650^{0}C. Cauzele care stau la baza acestui fenomen - numit fragilitate la revenire - nu au fost înca stabilite cu precizie. Se pare ca aceasta scadere a valorilor rezilientei, care nu se rasfrânge însa si asupra duritatii si proprietatilor de rezistenta, se datoreaza unor fenomene de precipitare [1].

Primul minim de pe curba rezilientei - temperatura de revenire (fig.1), corespunzator aparitiei fragilitatii ireversibile de temperatura joasa, se poate explica prin producerea unor transformari structurale ireversibile ale constituentilor obtinuti prin calire. Astfel, la încalzirea dupa calire din martensita si austenita reziduala precipita cristale (lamele) disperse de carbura, care pastreaza legatura coerenta cu reteaua α. Acest proces se desfasoara mai intens la limitele de graunte decât în interiorul lor, astfel încât apare o diferenta de rezistenta între straturile de material din interiorul si de la suprafata grauntilor; acestea din urma, mai putin rezistente, joaca rolul de concentratori de tensiuni, ceea ce duce la ruperea fragila. La cresterea duratei de mentinere sau a temperaturii de revenire, transformarea martensitei de calire în martensita de revenire se realizeaza în întreg volumul grauntilor si tenacitatea otelului se restabileste, dar în acelasi timp scade duritatea.

Prezenta austenitei reziduale face ca otelul sa fie mai putin fragil, dar transformarea ei la aceste temperaturi intensifica, prin acelasi mecanism, starea fragila.

Spre deosebire de fragilitatea ireversibila, care apare indiferent de viteza de racire aplicata, al doilea tip de fragilitate - fragilitatea reversibila de temperatura înalta - se produce numai în cazul racirii lente (fig.1).

Conditiile în care fragilitatea reversibila apare, poate fi prevenita sau înlaturata impun luarea în considerare a unor procese reversibile si care se desfasoara la încalzire urmata de racire lenta, fiind

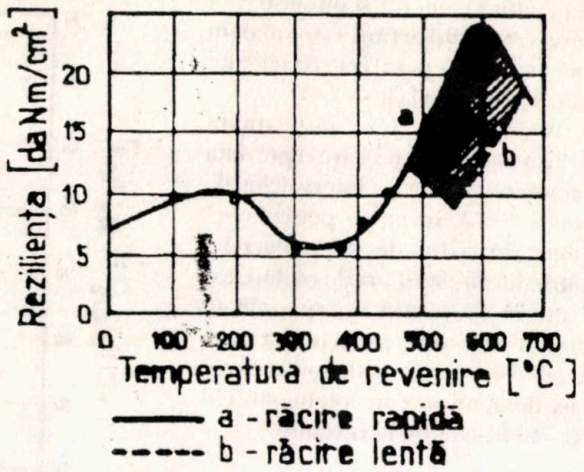


Fig. 1
Variatia cu temperatura de revenire a rezilientei unui otel cu 0,30%C; 1,47%Cr si 3,40%Ni
Resilience depending on tempering temperature for a steel containing 0,30%C; 1,46Cr and 3,40%Ni

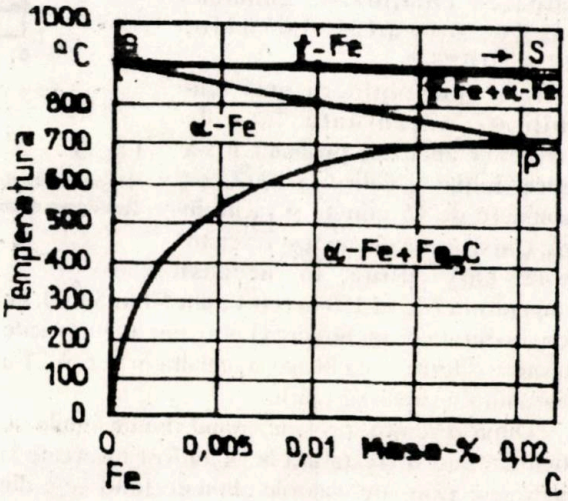


Fig. 2
Solubilitatea C în Feα
C - solubility in Feα

suprimate prin racirea rapida. Astfel de procese sunt cele de precipitare intergranulara a unor faze (de regula carburi complexe), datorate scaderii bruste, o data cu temperatura, a solubilitatii carbonului cu temperatura. Un argument direct în sustinerea aces-

tei ipoteze este aceea ca, potrivit diagramei de echilibru a sistemului Fe-C, construita prin metode experimentale moderne si de mare precizie, solubilitatea carbonului în Fe α ajunge la 10^{-5} - 10^{-6}% la temperatura camerei si inregistreaza o crestere importanta tocmai în domeniul de temperaturi al fragilitatii reversibile (fig.2) [1].

Având în vedere importanta practica deosebita pe care o prezinta cunoasterea exacta a intervalelor de temperaturi de revenire "periculoase" si numarul redus de date concrete, pentru diferitele tipari de oteluri, existente în literatura de specialitate referitor la aceste aspecte, lucrarea de fata si-a propus sa delimiteze cele doua domenii în care otelul 40Cr10 prezinta fragilitate la revenire.

Determinari experimentale

Determinarile s-au efectuat asupra unui numar de 21 de probe de rezilienta, prelevate dintr-o bara laminata din otel 40Cr10, având urmatoarea compozitie chimica: 0,42%C; 0,98%Cr; 0,65%Mn; 0,02%S; 0,02%P.

In scopul obtinerii unei sensibilitati accentuate fata de fenomenul analizat, probelor li s-a aplicat initial o calire la 900^0C cu mentinere de 15 minute si racire în apa. Dupa aceea ele au fost revenite, doua câte doua la aceeasi temperatura (de la 150 la 600^0C, din 50 în 50^0C), cu aceeasi durata de mentinere (1 ora), dar au fost racite cu viteze diferite: una în apa si cealalta în aer. A 21-a proba nu s-a supus revenirii.

Dupa revenire, probele, având dimensiunile de 10x10x55 mm si crestatura în U, au fost încercate la încovoiere prin soc, valorile obtinute fiind cele din tabelul 1. Pe baza acestor date s-au trasat curbele din figura 3.

Analizând graficele de variatie a rezilientei cu temperatura de revenire, atât pentru cazul racirii în aer, cât si pentru racirea în apa, se pot trage urmatoarele concluzii:

» *otelul 40Cr10 prezinta ambele tipuri de fragilitate la revenire (ireversibila si reversibila);*

» *domeniile de temperaturi 'periculoase', în care se produce fragilizarea la revenire sunt:*

* *pentru fragilitatea ireversibila: 250-350^{0}C;*

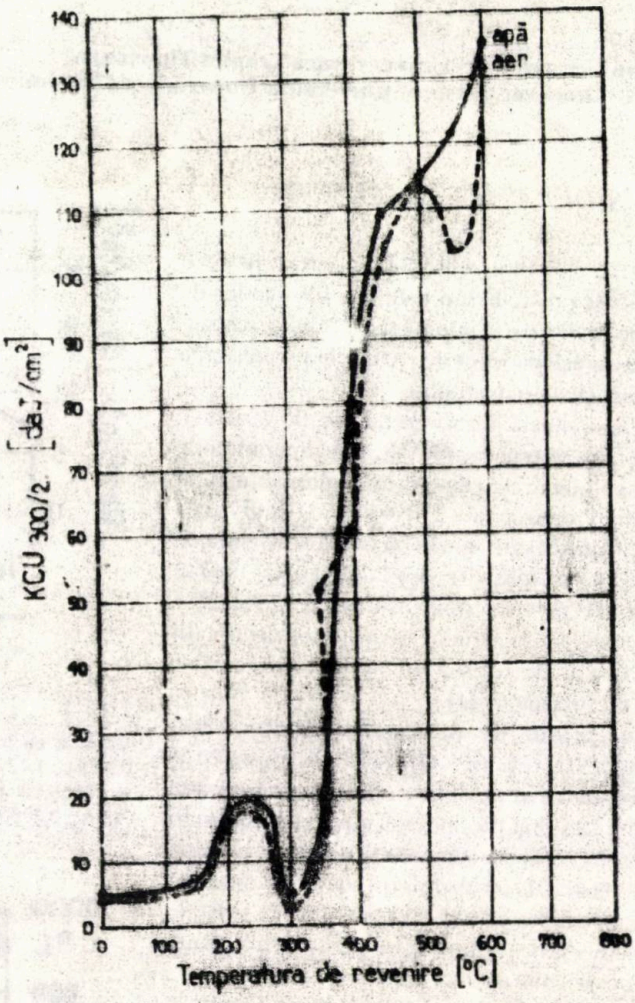


Fig. 3
Dependenta rezilientei de temperatura de revenire si viteza de racire
Resilience depending on tempering temperature and cooling rate

Tabelul 1

T_{rev}, °C	KCU, daj/cm²	
	apa	aer
	5	
150	7	6
200	18	15
250	19	17
300	4	3
350	19,5	52
400	80	61
450	109	104
500	114,5	114
550	121,7	105
600	135	132

Tabelul 1

ametru arja	$[C]_t$ %	$[Si]_t$ %	$[Mn]_t$ %	$[Cr]_t$, %	$\Delta[C]_t$, %	$[Si]_o$, %	$[Mn]_o$, %	$[Cr]_o$, %	θ_t, °C	θ_o, °C	D_{O_2}, $Nm^3/t \cdot min$	P_{O_2}, atm	τ_{at}, min
	1,14	0,11	1,68	18,5	0,86	0,02	0,62	16,35	1590	1750	0,734	9	37
	1,26	1,10	1,64	18,0	0,98	0,01	0,81	16,58	1620	1780	0,799	10	33
	0,82	0,11	1,81	19,3	0,47	0,02	0,82	17,75	1580	1780	0,533	8	42
	1,23	0,09	1,64	18,5	1,03	0,01	1,11	17,60	1640	1800	0,768	10	35
	0,85	0,09	1,71	19,1	0,52	0,01	0,64	16,64	1595	1740	0,567	8	43
	1,21	0,10	1,61	17,8	1,00	0,04	0,71	16,45	1600	1755	0,690	10	36
	1,15	0,11	1,62	17,5	0,87	0,02	0,78	16,75	1625	1760	0,897	9	30
	0,95	0,12	1,75	19,0	0,72	0,01	0,87	17,09	1590	1750	0,679	8	42
	0,74	0,08	1,73	20,0	0,38	0,03	1,00	17,45	1580	1750	0,458	9	37
	0,91	0,11	1,72	18,3	0,64	0,01	0,98	17,40	1610	1785	0,692	10	32
	0,95	0,14	1,80	18,5	0,57	0,02	1,16	15,28	1600	1700	0,756	9	30
	0,68	0,10	1,85	19,3	0,27	0,04	0,74	17,32	1580	1745	0,419	9	34
	1,04	0,11	1,63	17,7	0,64	0,01	1,03	16,44	1605	1750	0,702	10	29
	1,00	0,07	1,66	18,4	0,56	0,02	0,86	16,68	1600	1710	0,731	9	29
	1,14	0,11	1,59	18,0	0,90	0,03	0,87	16,60	1615	1740	0,784	9	35

Tabelul 2

Nr. sarja	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
v_c,%C	0,0232	0,0297	0,0112	0,0294	0,0121	0,0278	0,0290	0,0171	0,0103	0,0200	0,0190	0,0079	0,0221	0,0193	0,0257

Tabelul 3

Coeficient de variatie	$r_{v_c,[C]_t}$	$r_{v_c,[Si]_t}$	$r_{v_c,[Mn]_t}$	$r_{v_c,[Cr]_t}$	$r_{v_c,\Delta[C]_t}$	$r_{v_c,[Si]_o}$	$r_{v_c,[Mn]_o}$	$r_{v_c,[Cr]_o}$	$r_{v_c,\theta}$	r_{v_c,θ_o}	$r_{v_c,D_{O_2}}$	$r_{v_c,P_{O_2}}$	$r_{v_c,raf}$
Valoare	0,974	0,116	-0,822	-0,852	0,946	-0,208	0,401	-0,167	0,845	0,249	0,897	0,627	-0,425
tc	15,707	0,423	5,201	5,876	10,517	0,768	1,579	0,613	5,688	0,927	7,316	2,902	1,696

Valoarea coeficientului de corelatie (r = 0,897) arata ca exista puternica interdependenta între cei doi parametri, iar dreapta de regresie obtinuta (3) având panta pozitiva indica o crestere a vitezei de decarburare la cresterea debitului de oxigen insuflat.

Temperatura baii metalice la sfârsitul topirii influenteaza viteza de decarburare. Valoarea coeficientului de corelatie (r = 0,845) arata ca exista o puternica interdependenta între cei doi parametri, iar dreapta de regresie obtinuta (4) având panta pozitiva indica o crestere a vitezei de decarburare la cresterea temperaturii.

Presiunea oxigenului insuflat influenteaza viteza de decarburare. Valoarea coeficientului de corelatie (r

Tabelul 4

Coeficienti de determinare	$R_{v_c,[C]_t}$	$R_{v_c,\Delta[C]_t}$	$R_{v_c,D_{O_2}}$	$R_{v_c,\theta}$	$R_{v_c,[Cr]_t}$	$R_{v_c,P_{O_2}}$	$R_{v_c,[Mn]_t}$
Valoare	0,948	0,895	0,805	0,714	0,726	0,393	0,676

= 0,627) arata ca exista interdependenta între cei doi parametri, iar dreapta de regresie obtinuta (5) având panta pozitiva indica o crestere a vitezei de decarburare la cresterea presiunii oxigenului insuflat.

Din analiza valorilor coeficientilor de pondere ai celor 5 parametri tehnologici cu efect pozitiv asupra vitezei de decarburare se constata ca ponderea de influenta asupra vitezei de decarburare creste, actionând asupra parametrilor tehnologici în urmatoarea ordine: presiunea oxigenului insuflat, temperatura otelului la topire, debitul de oxigen insuflat, cantitatea de carbon oxidat în timpul perioadei de preafinare si continutul de carbon la topire.

Asupra vitezei de decarburare influenteaza si continutul de crom al baii metalice la topire. Valoarea coeficientului de corelatie (r = -0,852) arata ca exista interdependenta între cei doi parametri, iar dreapta de regresie obtinuta (6) având panta negativa indica o scadere a vitezei de decarburare la cresterea continutului de crom la topire. Cu cât acest continut este mai mare, cu atât demararea si cresterea vitezei de carburare sunt mai dificile.

Continutul de mangan la topire influenteaza, de asemenea, negativ viteza de decarburare. Valoarea coeficientului de corelatie (r = -0,822) arata ca exista interdependenta între cei doi parametri, iar dreapta de regresie obtinuta (7) având panta negativa indica o scadere a vitezei de decarburare cu cresterea continutului de mangan la topire, care întârzie, de asemenea, demararea reactiei de oxidare a carbonului si cresterea vitezei de decarburare.

Din analiza ponderilor de influenta a celor doi parametri tehnologici cu efect negativ asupra cresterii vitezei de decarburare (continuturile de crom si de mangan la topire), rezulta o pondere de influenta mai scazuta a continutului de mangan decât a continutului de crom la topire.

Pentru obtinerea unei durate cât mai mici a perioadei de preafinare, cu implicatii asupra duratei sarjei, productivitatii si consumurilor de feroaliaje, în vederea realizarii unor continuturi de carbon la sfârsitul preafinarii de 0,25-0,35%, apropiate de cele de la evacuare si indicate pentru clasa de oteluri studiate în vederea începerii procesului de tratament VOD, sunt recomandate, de regula, viteze de decarburare de 1,5- 2,0% C/h (0,0250-0,0330% C/min) [2], [3].

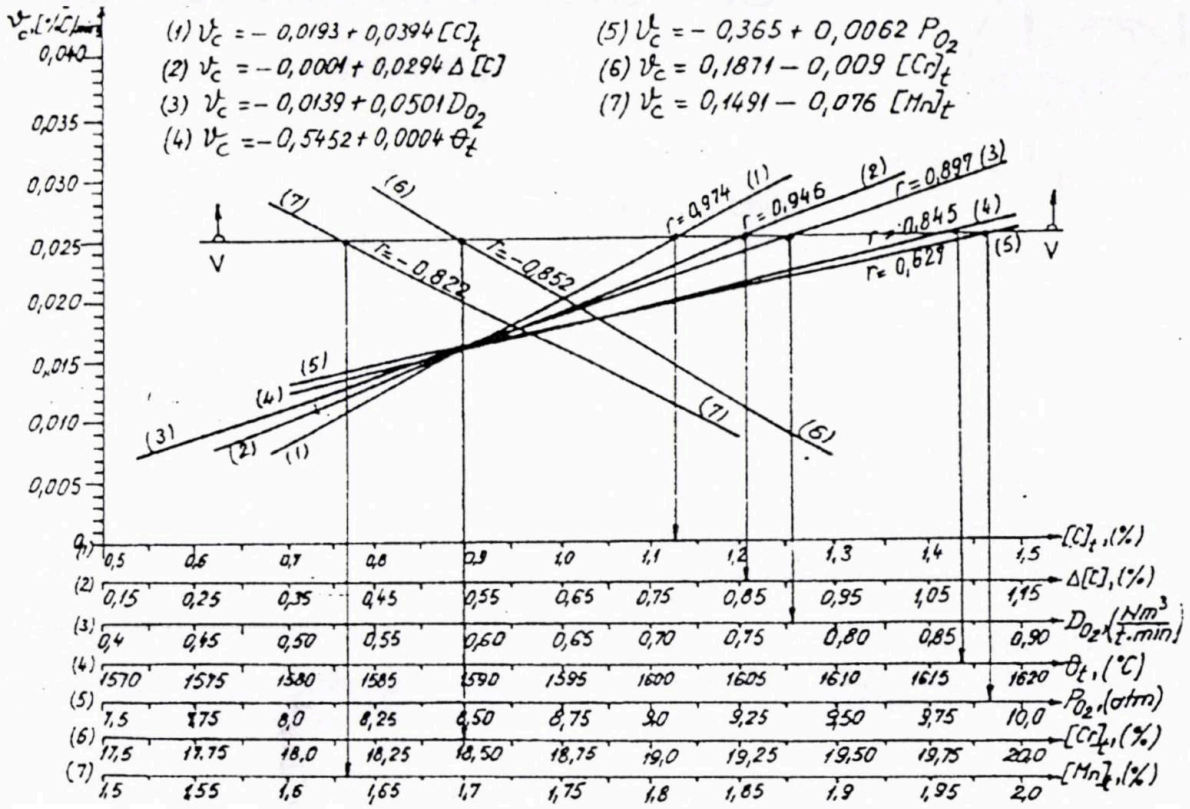


Fig. 1
Variatia vitezei de decarburare în functie de fiecare parametru tehnologic de influenta
Decarburating rate dependence on each process parameter

Pentru realizarea unor viteze de decarburare egale sau mai mari de 0,0250% C/min sunt necesare urmatoarele valori ale parametrilor tehnologici, valori rezultate din intersectia dreptei orizontale V-V trasate la acest nivel în figura 1, cu dreptele de regresie: $[C]_t \geq 1,12\%$; $\Delta[C] \geq 0,85\%$; $D_{O_2} \geq 0,78\ Nm^3/t \cdot min$; $\theta_t \geq 1617^0C$; $P_{O_2} \geq 9,9$ atm; $[Cr]_t \leq 18,50\%$; $[Mn]_t \leq 1,63\%$.

BIBLIOGRAFIE

[1] **Taloi D., s.a.: Optimizarea proceselor metalurgice. Bucuresti, Editura Didactica si Pedagogica, 1983**
[2] **Tripsa I., Pumnea C.**: *Tehnologii moderne de elaborare a otelului.* In: Metalurgia, 1984, nr.11, p.609
[3] **Butnariu I.**: *Rezultate preliminare de cercetare asupra unor procese fizico-chimice de la intensificarea elaborarii otelului cu oxigen.* Referat nr.2 pt. teza de doctorat, Bucuresti , 1970

$R_{v_{c,[C]t}}$ $r_{v_c,[Cr]_0}$

$R_{v_{c,[C]t}}$ $r_{v_c,[Cr]_0}$

S. C. SIDERURGICA S.A.

HUNEDOARA

2750, HUNEDOARA
8, Constantin Bursan street
Telephone Exchange: +40/95/716121, 716131, 716521
General Manager: +40/95/712783
Commercial Manager: +40/95/712784
Telex: 72411 cbsid-r, 72412 cbsid-r
Telefax: +40/95/712266, 716008, 717650

MAKES

» CONCRETE IRON *(OB 37-type, to STAS 438/1-89), O6-40 mm in ST37-2 steel grade (DIN 17100/80)*

» REINFORCING BARS *(PC 52 and PC 60 types, to STAS 438/1-89), ϕ 10- 40 mm in 40 and 60 steel grades (ASTM A 615/80)*

» WIRE ROD, *ϕ 6mm (DIN 1013/63 I) and O8-12 mm (DIN 59100/62) in general use construction steel grades (ST 37-2 , ..., ST 52-3, DIN 1710080), commercial and nonalloyed steel (D 9-1 , ..., DN 12-2, DIN 17140/62)*

» ROUND STEEL BARS, *ϕ 14-180 mm (DIN 1013/76 I) in general use, costruction steel grades (ST 37-2 , ..., ST 60-2, DIN 17100/80) hardening and tempering steel grades (C 22, CK 60, DIN (17200/84) and case hardening steel grades (C 10, ..., CK 15, DIN 17210/80)*

» SQUARE BAR STEEL *with 40-70 mm sides (DIN 1017/78 I, para 4)*

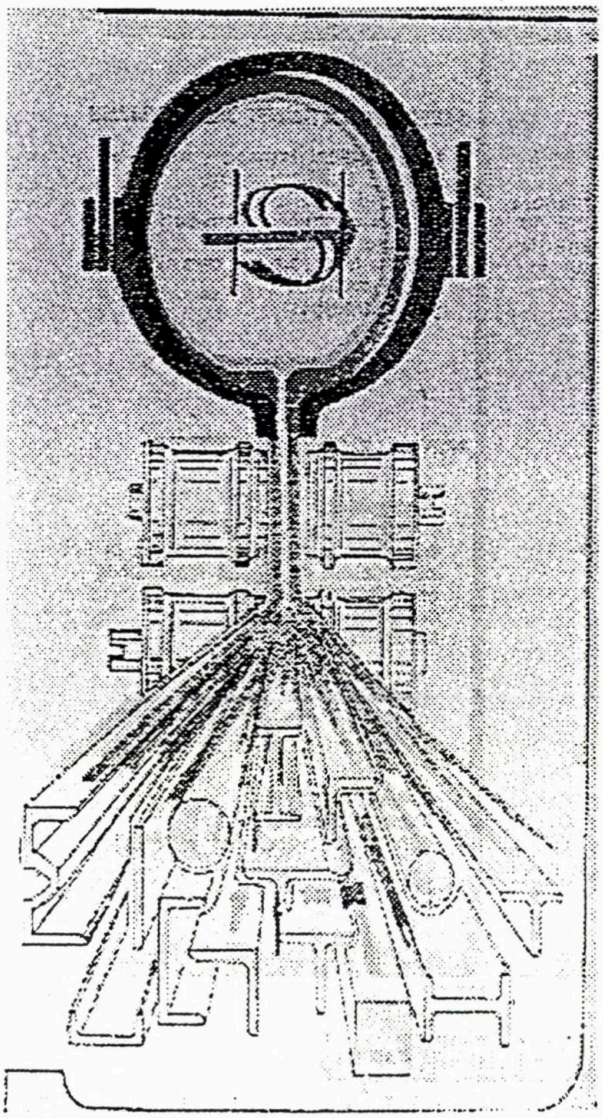
» T-SECTIONS *with equal wings, rounded edges and 30-50 mm height, to DIN 1024/82 in general use, construction steel (ST 37-2, ..., ST 52-3, DIN 17100/80)*

» FLAT ROLLED STEEL, *between 20x5 and 150x30 mm, to DIN 1017/67 I, para 4*

» I-BEAMS (NARROW), *65-240 mm high, to DIN 1026/63, para 7*

» U-BEAMS *with rounded edges, 65-240 mm high, to DIN 1026/63, para 7*

» ROUND EDGE EQUAL ANGLES STEEL *with wings between 20 and 100 mm, to DIN 1028/76, para 7*



SOCIETATEA COMERCIALA

"INTFOR - S.A." GALATI

Str.Portului nr.157 - Galati - 6200

Telefon: **0934/60766, 0934/62400,** *Telefax:* **93/418366**

Telex: **51224**

PRODUCE SI LIVREAZA IN MOD CURENT:

TABLA LAMINATA LA CALD, grosimi 0,5-4,0 mm,din diverse calitati de otel:

- » otel carbon de uz general;
- » otel carbon de calitate;
- » otel slab aliat,aliat si inalt aliat;
- » otel de scule;
- » otel inoxidabil.

TABLA ZINCATA

BANDA SI TABLA ELECTROZINCATA

TABLA CUTATA NEAGRA SAU ZINCATA

PROFILE FORMATE LA RECE (U,L,C,T,Z,TM etc.)

TEVI PROFILATE

PRODUSE DE UZ CASNIC SI GOSPODARESC:

- » canistre;
- » tevi;
- » lopeti;
- » sape;
- » pubele gunoi etc.

CONSTRUCTII METALICE DIVERSE:

- » paturi;
- » panouri garduri ornamentale;
- » balustrade;
- » containere resturi menajere;
- » pavele pardoseli;
- » boxpaleti etc.

LIVRAM LA PRETURI AVANTAJOASE:

pe baza de **C.E.C.** oricarui agent economic de stat sau privatizat.

cu plata **in numerar,** *prin magazinul propriu,* oricarei persoane particulare.

SOCIETATEA COMERCIALA **MECANICA-S.A. Mîrsa**
2421, LOCALITATEA MIRSA, ORASUL AVRIG
Capital social 777 mil.lei
BCR Sibiu, cont nr. 30.16.6.05.01
Camera de Comert si Industrie a jud. Sibiu
Nr. 132/29/15.05.92/1992
Tel.(0040 2)92/550047, Telex 69237, Fax (0040 2)92/550643

umm ®

S.C "MECANICA" S.A este specializata si are o experienta de peste 30 de ani in fabricatia produselor fiind foarte flexibila la adaptarea produselor la solicitarile beneficiarilor

In fabricatia produselor autotractate se folosesc elemente de suprastructuri din aliaje de aluminiu laminate.

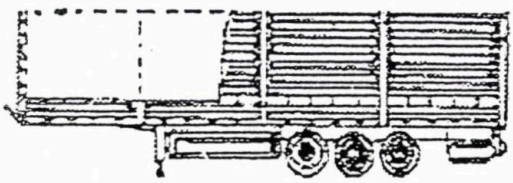
Produsele se livreaza fie pe baza de comenzi, fie ca produse standard prezentate sau adaptate la cerintele beneficiarului

S.C. "MECANICA" S.A is a specialised company and has an experience of over 30 years, beeing flexible in adapting the products to the customer's requirements.

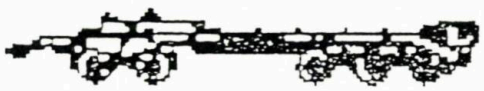
In the fabrication of our products we use upper structure elements made of laminated aluminium alloys.

Products are delivered as standard or specially made by request.

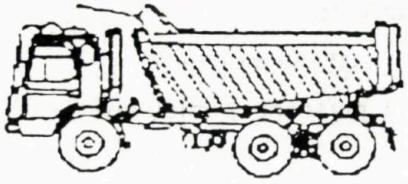
- Remorci agricole basculante sarcini utile de 3 - 8 t
- Agricultural tipping trailers, 3-8 to payloads



- Semiremorci transport marfuri generale: sarcina utila 31-32 t cu suprastructuri din aliaje Al sau otel
- Semiremorci transport conteinere
- Semiremorci speciale pentru transport ciment, transport forestier, transport animale
- General goods transportation semitrailers, 31-32 to; supperstructure made of aluminium alloys or steel
- Container transport semitrailers
- Special semitrailers for cement, timber, livestock



- Semiremorci joase de tip treiler sarcini utile 20-120 t
- Autotren pentru transport marfuri generale, carosat sau cu coviltir si prelata cu elemente de structura din profile laminate din aliaje Al sau otel, inclusiv remorci pentru autotren pentru sarcini utile 3-7 t
- Low bed semitrailers, 20 - 120 to
- General transport road trailers with tarpaulin, elements made of aluminiumalloy laminated profiles or steel shapes road trailers, 3-7 t



- Autobasculante pe autosasiuri ROMAN S.A. Brasov de 6-19 t
- Dump trucks, on ROMAN chassis 6-19 t payloads

Societatea comerciala

"CABLUL ROMANESC" S. A. Ploiesti

este unitatea "numarul unu" din România în fabricarea cablurilor din otel pentru tractiune, a funiilor din aluminiu si a conductorilor neizolati din otel-aluminiu pentru transportul energiei electrice.

Infiintata în anul 1925, prin dezvoltari si modernizari succesive, unitatea poate executa astazi orice tio de cablu, dupa cele mai actuale standarde din lume: ***DIN; N.F.; B.S.; A.P.I.; J.S.; GOST; STAS; ISO.***

Societatea "CABLUL ROMANESC" *asigura o înalta calitate si fiabilitate, ceea ce a dus la dezvoltarea exportului în tarile din toate continentele globului.*

Adresati-va cu încredere Societatii Comerciale
"CABLUL ROMANESC" S.A. – Ploiesti!

"CABLUL ROMANESC" *Trade Company*,

located in Ploiesti (a joint- stok company),
is the number one manufacturer in Romania of steel cables for hauling, aluminium ropes and non-insulated steel- aluminium mains for electric energy transport.

Founded in 1925 and subjected to a series of modernizations and developments, this company is able to manufacture any kind of cables, in accordance with advanced international standards: ***DIN; N.F.; B.S.; A.P.I.; J.S.; GOST; STAS; ISO.***

"CABLUL ROMANESC" *Company guarantees high quality and reliability that leads to the development of exports to countries on all continents.*

Appeal with full trust to
"CABLUL ROMANESC" Co.,Ploiesti!

Ploiesti - România
B-dul Republicii Nr. 93 Cod 2000
tel.: 044/13 22 00; telex: 19 27 7; fax: 044/13 46 32

Societatea comerciala

CABLUL ROMANESC. S. A.

Ploiesti - România

ORSZÁGOS KÖZPONT MŰSZAKI INFORMÁCIÓS KÖNYVTÁR 1883

Bd-ul Republicii nr. 93, cod 3000

Telefon: 044/13 22 00. Telex: 19273. Fax: 044/13 46 32

S.C. SIDERURGICA S.A. HUNEDOARA

Societatea Comerciala "Siderurgica" S.A. Hunedoara produce si comercializeaza la preturi competitive urmatoarele produse:

* tagle pentru tevi din otel carbon , slab aliat, aliat si inalt aliat (inoxidabil);
* blumuri si tagle din otel carbon, slab aliat, aliat si inalt aliat pentru constructia de masini;
* tagle din otel pentru rulmenti;
* profile fasonate I,U, cornier, T;
* profile pentru:
  * senile de tractor si excavator ;
  * brazdar de plug ;
  * armatura de mina ;
  * transportoare de mina ;
  * aparate de cale ferata si sina ac ;
  * traverse CF ;
* sirma pentru armaturi beton, tragatorii, cord metalic ;
* piese turnate si forjate ;
* utilaj pentru turnarea otelului (poduri, lingotiere, pilnii) ;
* coes metalurgic ;
* benzen, naftalina, smoala, sulf, toluen ;
* fonta de afinare si de turnatorie ;
* zgura granulata si vata de zgura ;
* calcar si var ;
* dolomita calcinata si sinterizata ;
* blocuri dolomitice ;

" Siderurgica" S.A. Hunedoara produces and commercialises at competitive prices the following products:

* carbon, low-alloyed, alloyed and high alloyed steel billets for tubes (stainless steel) ;
* carbon, low-alloyed, alloyed and high alloyed steel billets and blooms for machine building ;
* steel billets for bearings ;
* shaped sections, IPE-beams, channels, angles, T-sections ;
* profiles for :
  * tractor and excavator track shoes
  * plough shares ;
  * mine gallery supporting ;
  * mine conveyors ;
  * railroad accessories siding rail ;
* wire for concrete reinforcements, for drawing, metallic cord ;
* cast and forged pieces ;
* equipment for steel casting (platforms, moulds, funnels) ;
* metallurgical coke ;
* benzene, naphthalene, tar, sulphur, toluene ;
* refining and cast pig iron ;
* granulated slag and slag wadding ;
* lime and chalkstone ;
* calcined and sintered dolomite ;
* dolomitic blocks ;

THE LONG PRODUCTS LEADING COMPANY IN ROMANI

International
Leading Company
Award Madrid 1991

Euromarket Award 1992
European Market Research
Center

XXIII International Award
For Commercial Prestige
Madrid 1993

pu can contact us :
e puteti contacta :

8, Constantin Bursan Street
2750, HUNEDOARA
ROMANIA

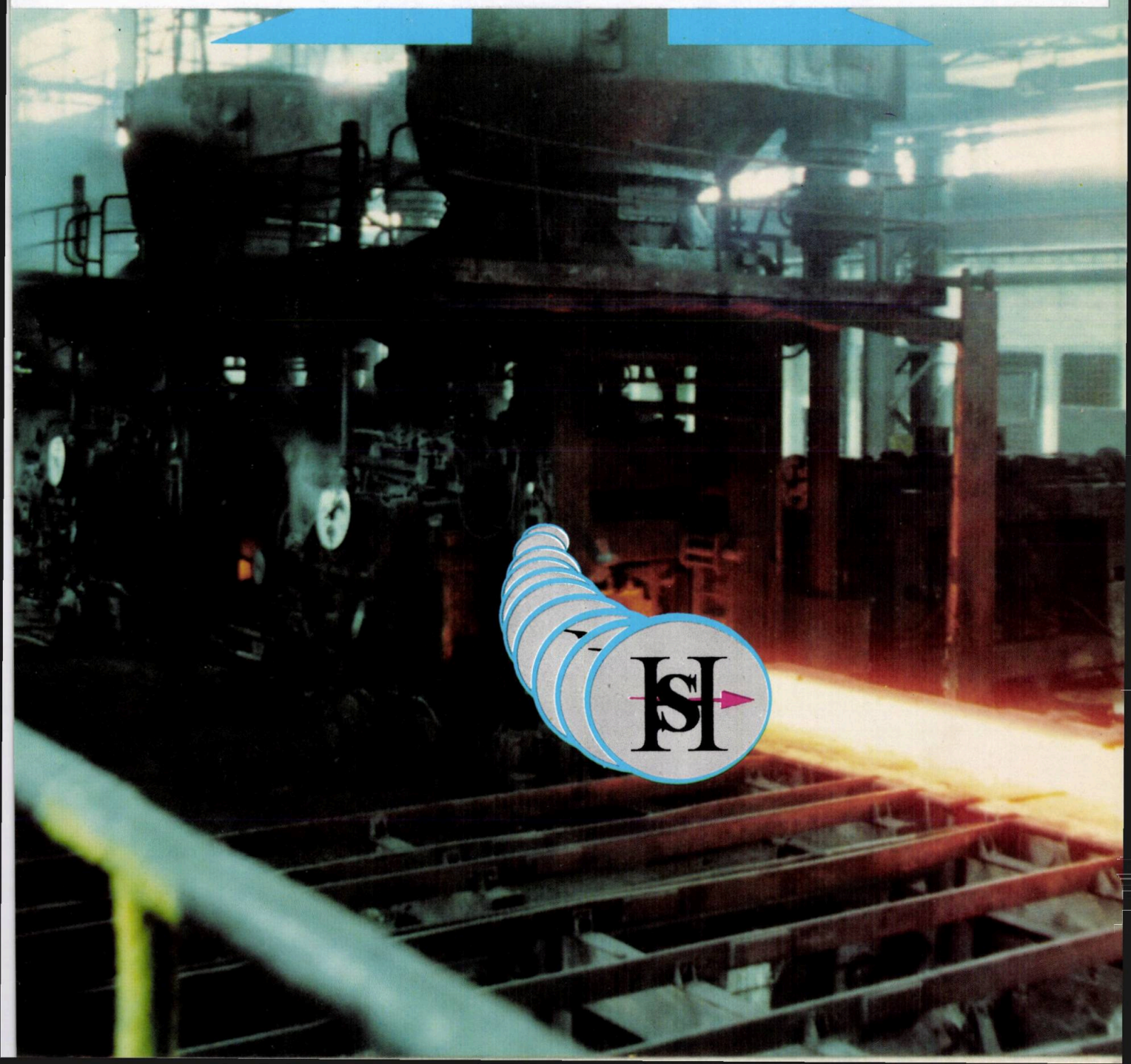
Telephone Exchange : +40/95/716121,716131,716521
General Manager : +40/95/712783
Comercial Manager : +40/95/712784
Telex : 72411 cbsid-r, 72412 cbsid-r
Telefax : +40/95/712266, 716008, 717650

METALURGIA

Revista lunara editata de S.C. SIDERURGICA S.A.

E 3280

3 - 4
1994



THE WEIGHTY WORD
OF IRON & STEEL INDUSTRY

S.C. SIDERURGICA S.A.
HUNEDOARA

ORSZÁGOS KÖZPONTI MŰSZAKI INFORMÁCIÓS KÖNYVTÁR 1883

Sidex

Iron and Steel Complex of Galati

Manufactures and exports for you

Hot Rolled Flat Products

- Ordinary steel strips and plates for constructions
- Fine grained steel strips rad plates for welded constructions
- Atmospheric corosion resistant steel strips and plates
- Shipbuilding steel plates
- High quality carbon steel strips and plates for machine building
- Steel plates for boilers and pressure vessels
- Steel strips and plates for cold bending and deep drawing
- Steel strips and plates for side bars and other parts with small bending radius
- Steel plates for mining equipment
- Stainless steel strips and plates and refractory steel for nuclear and aeronautical industry
- Steel strips and plates for automobile rims

Other Products

- Liquid and gas oxygen
- Liquid and gas nitrogen
- Liquid and gas argon
- Granulated blast-furnace slag
- Non-iron slag

Steel Semi-products

- Continuous cast or rolled slabs
- Continuous cast blooms
- Rolled billets
- Coke-chemical products
- Blast furnace coke
- Ferro-alloys coke
- Fine coke
- Coke-chemical ammonia sulphate
- Concentrated ammonia water
- Coal tar
- Technical ammonia
- Aromatic fractions
- Coke plant technic sulphur
- Pit coal tar
- Pit coal creosote for carbon black
- Coke-chemical absorption oil
- Phenolic fraction
- Crude anthracene
- Naphthalene
- Technical ferric sulphate
- Bitum

Cold Rolled Sheet

- Thin steel strips and sheets for cold formed shapes and welded pipes
- Sheets and strips for deep drawing
- Steel sheets and strips for car industry and ships

A life experience on the steel market and many friends in the steel bussines!

str. Siderurgistilor 1, Galati 6200, Tel:036 43.19.00, Telex 51 257

ROMANIA, BUCUREŞTI,
Str. Mendeleev, nr. 21—25,
Telefon: 659.21 60; 659.40.90;
659.63.90; 312.04.47; 659.38.50
Telex: 11515, Fax: 312.04.46

CEA MAI MARE FIRMĂ ROMANEASCĂ DE COMERŢ EXTERIOR ÎN DOMENIUL METALELOR

METALEXPORTIMPORT S.A.

CALITATE, GARANŢIE, COMPETITIVITATE PRIN

S.C. METALEXPORTIMPORT S.A.

METALEXPORTIMPORT exportă:

- tablă medie şi groasă, inclusiv tablă navală (hot rolled heavy plate, including shipbuilding plate);
- tablă subţire laminată la rece (cold rolled steel sheet);
- tablă zincată (galvanized steel sheet);
- tablă transformator (cold rolled-oriented grain silicon steel strip);
- profile oţel laminate la cald UNP, INP, corniere oţel rotund, pătrat, lat (hot rolled steel profiles-channels, joists, angles, round, flat bars);
- oţel beton şi sîrmă laminată (reinforcing steel bars and wire rod);
- sîrmă trasă din oţel (drawn steel wire);
- electrozi sudură (welding electrodes);
- cuie (nails);
- lanţuri industriale (industrial chains);
- cabluri tracţiune (wire ropes);
- sîrmă şi toroane beton precomprimat (steel wire for prestressed concrete and stress relieved steel wire strands);
- cord metalic (brass plated steel cord for tyres);
- sîrmă taloane (bronze plated steel wire);
- ţevi conducte (seamless line pipes);
- burlane foraj (casing);
- ţevi sudate (welded pipes);
- blocuri aluminiu şi laminate aluminiu (aluminium ingots and aluminium products);

METALEXPORTIMPORT importă:

- cocs (coke);
- cărbune cocsificabil (coaking coal);
- materiale refractare (refractory products);
- minereu de fier (iron ore);
- minereu de mangan (manganese ore);
- feroaliaje (ferroalloys);
- neferoase blocuri (nonferrous ingots);
- alte materii prime necesare industriei metalurgice (other raw materials for metallurgical industry).

METALEXPORTIMPORT S.A.

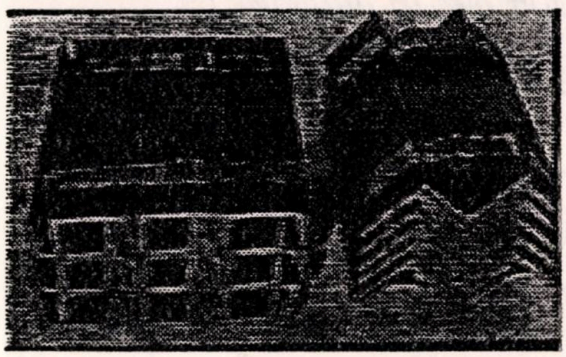
este oricînd la dispoziţia firmelor interesate pentru orice alte operaţii de export-import.

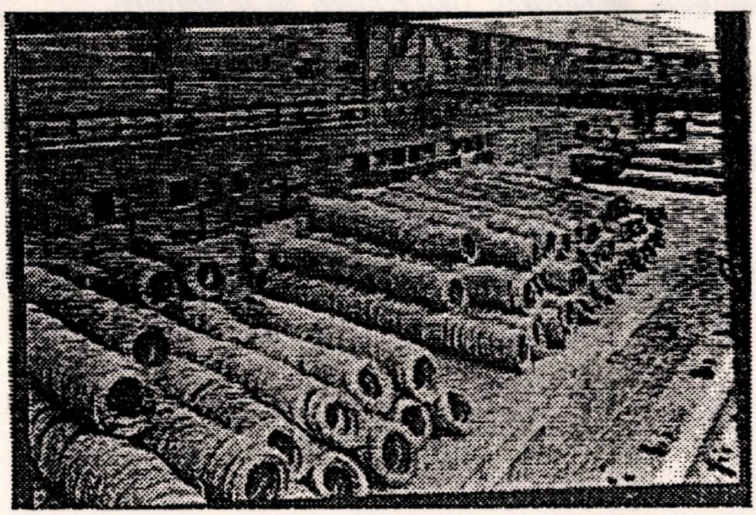
Pentru orice detalii, rugăm contactaţi-ne la adresa:

Bucureşti, Str. Mendeleev 21—25, Telex 11511 metal r

If you'd like to know more about us, please write, call or fax:
B-dul Independentei no. 8, 5300 Focsani, Romania
Tel.: 037/914702
Telex:037/914702
Fax: 037/913823

LAMINORUL S. A. Focsani, România, is a rolling mill established as a joint stock company. Equipped with modern plants, it makes high quality products to NID and/or Romanian standards.





We are specialized in medium size profiles, wire rod and concrete carbon steel. The gauges produced meet almost any standard specified by customers.

The chemical composition and mechanical properties of the rolled steel are controlled by our own specialized laboratories.

MINERSORT S. A. Galati

asigura

pentru dumneavoastra

- transbordarea marfurilor conteinerizate, în vrac, de orice tip, din vagoane cu ecartament de 1534 mm în vagoane cu ecartament de 1435 mm sau alte mijloace de transport;

- transportul marfurilor, depozitarile de orice tip, prestari de servicii, reparatii si confectionari de mecanisme energetice, tinichigerie si tâmplarie, import - export, intermedieri cu percepere de comision cu ridicata si amanuntul.

Pentru aceste activitati va stam la dispozitie în:

GALATI

Str. Bazinul Nou no. 87
6200 Galati
telefon: 093/41 13 17

METALURGIA

REVISTA EDITATA DE "SIDEROM" S. A.

3 - 4
martie - aprilie
1994

Sumar

Florea Alexandru, Petre Oane, Strugari Florin, Encica Mircea, Sandu Mihai, Marzac George, Plesa Dan, Ivan Ioan, Damaschin Constantin: **Produse plate laminate obtinute prin tehnologii neconventionale.** 5

Raducanu Petre, Dimitriu Sorin: **Analiza termoenergetica a solutiilor constructive pentru o instalatie termica utilizata la fabricarea fitingurilor.** 7

Maria Nicola, Teodora Badea, Mariana Ciureanu: **Codepunerea nichelului si fierului din electroliti de sulfati.** 9

Galasiu Ioan, Rodica Galasiu: **Unele probleme privind producerea, proprietatile si consumul anozilor de carbune folositi la fabricarea aluminiului.** 12

Chira Ion, Teodora Sabau, Marginean Ioan, Denghel Nicolae: **Netezimea si performantele suprafetei pieselor din otel turnate cu modele din polistiren.** 22

Liu Y. C., Schissler J. M., Munteanu Alexandru: **Cinetica primei etape de transformare bainitica a fontelor cu grafit nodular de tip A. D. I.** 28

Semenescu Augustin, Oprescu Iulian, Vârcolacu Ioan, Balescu Cezar, Mirea Vasile: **Tendintele actuale în modernizarea instalatiilor de coacere a produselor carbonice.** 35

Butnariu Ilie: **Cercetari privind regimul cromului la preaafinarea bailor metalice înalt aliate cu crom.** 43

Landes Victor Spiridon: **Cercetari cu privire la îmbinarea barelor profilate din otel beton (I)** . 47

Semenescu Augustin, Nicolae Avram, Mihailescu Christian, Munteanu Mircea, Gurgu Octavian, Vâlceanu Lucian: **Preîncalzirea cu arzatoare regenerative a incarcaturii cuptoarelor cu arc electric pentru elaborarea otelurilor.** 52

Revista revistelor. 21

Scurte stiri. 34, 51,60, 63

Evenimente internationale. 62

Colegiul onorific de redactie

(în ordine alfabetica)

LUCIAN AMANCEI, VICTOR BERTALAN, ION CHIOSE, SORIN DIMITRIU, VICTOR GUIDEA DANAILA, ALEXANDRU FLOREA, EMIL FLORIAN, LADISLAU FRUMOSU, RADU HANGA, PETRE IANC, GHEORGHE LEPADATU, STEFAN MARGINEANU, VIOREL MUNTEANU, PETRE NEDELESCU, OLARU IOAN, MIHAELA PANA, VASILE PARPALA, CRISTIAN PIRVAN, CONSTANTIN POPESCU, BUJOR ROSCA, SILVIU SAMOILESCU, EUGEN SANDU, IOAN FLORENTIN SANDU, HORATIU VODA

Redactor responsabil: prof. dr. ing. I. VÂRCOLACU

Revizie tehnica: prof. dr. ing. I. VÂRCOLACU

Sef CIDMET: ing. Brândusa Florentina Scortea

Redactor: ing. Brândusa Florentina Scortea

Stilizare: Ioana Kuglay

Tehnoredactare computerizata: Lidia Vereanu

Redactia si administratia: Bucuresti, str. Mendeleev, nr.21-25, sector 1, cod 70168, telefon 6594990

Institutiile pot achita abonamentele în contul nostru de viramент nr. 30 15 20 201 BCR-SMB. Costul unui abonament: lei 12000 anual. Costul unui exemplar: lei 1000

Traducere : ing. S. Florea

Corectura : Rodica Rosu

Al. Florea et al: **Flat rollings produced by unconventional technologies**

Metalurgia 46(1994), no. 3 - 4, p. 5

P. Raducanu, S. Dimitriu: **Heat efficiency analysis of design solutions for a heating plant used in fitting manufacture**

This paper presents a technical and economical analysis of the solution adopted for the improvement of an oven used for the manufacture of the pipe fittings. There are presented some values which allow advantages' evaluation of each version.

Metalurgia 46(1994), no. 3 - 4, p. 7

Maria Nicola, Teodora Badea, Mariana Ciureanu: **Ni and Fe co-deposition from sulphates electrolytes**

Metalurgia 46(1994), no. 3 - 4, p. 9

I. Galasiu I., Rodica Galasiu: **Certain aspects of manufacture, properties and consumption of carbon anodes used in Al making.**

Metalurgia 46(1994), no. 3 - 4, p. 12

Chira et al: **Surface flatness and performances of steel components cast with gasifying paterns**

Metalurgia 46(1994), no. 3 - 4, p. 22

Liu Y. C. et al: **Kinetics of the first bainitic transformation stage of the ADI - type nodular irons**

Metalurgia 46(1994), no. 3 - 4, p. 28

A. Semenescu et al: **Present trends in revamping baking plants for carbon products**

Both annular continuous and discontinuous ovens are used in baking carbon products.

After discussing the updating trends the authors give details on the main elements of revamping ovens, plant automation and general improvement of process flow.

Metalurgia 46(1994), no. 3 - 4, p. 35

I. Butnariu: **Researches about the chromium regime in the prior - refining of high - chromium metallic baths**

The paper concerns with the technological representation functions of the chrom practice, the regression ecuations which were obtained and, also, their variation according to the technological parameters of influence. As regards this matter we are interested in the chrom ferro-alloys consumptions decreasing.

Metalurgia 46(1994), no. 3 - 4, p. 43

V. S. Landes: **Investigations on joining concrete iron shaped bars**

First the author approaches the problem of joining reinforcing bars to get high quality structures.

The author has solved the problem of joining periodic profile reinforcing bars in a new concept.

Test results have demonstrated mass and heat transfer mechanisms and chemical interactions of system elements.

The paper includes mechanical tests with static, cyclic and creep loading, tensile and compression tests.

Chapter II studies the state of the art of concrete steel joining research, emphasizing measures to augment damping properties of the structures of cushioning earthquake energy.

A review of concrete iron welding processes is also made.

Metalurgia 46(1994), no. 3 - 4, p. 47

A. Semenescu et al: **Regenerative burner preheating of steel making EAF**

The autnors investigate two regenerative burner preheaters for EAF charges, patented by them, and the resulted energy and economic advantages of their implementation.

Metalurgia 46(1994), no. 3 - 4, p. 52

A B S T R A C T S

Metalurgia 46(1994), nr. 3 - 4

PRODUSE PLATE LAMINATE OBTINUTE PRIN TEHNOLOGII NECONVENTIONALE

Ing. Alexandru Florea, ing. Petre Oane, dr. ing. Florea Strugari, ing. Mircea Encica, ing. Mihai Sandu, Ing. George Marzac, ing. Dan Plesa, ing. Ioan Ivan, ing. Constantin Damaschin - S. C. Sidex - S. A. Galati

C. Z.: 621.771.23

In domeniul metalurgiei, placarea presupune îmbinarea a doua sau mai multor materiale metalice în straturi de o anumita grosime sub forma unor produse ce se supun ulterior prelucrarilor în stare rece sau calda.

Interesul tot mai mare al constructorilor pentru materialele metalice placate se bazeaza pe avantajele tehnico-economice ale acestora.

In industriile alimentara, petrochimica, energetica, nucleara, parametrii de exploatare (presiune, temperatura) sunt într-o continua crestere, atingând valori greu de prevazut cu câtiva ani în urma.

In multe cazuri, parametrii de lucru în procesele de distilare si reactii chimice cu randamente ridicate au crescut considerabil. Toate acestea au dus la cresterea grosimii peretilor instalatiilor, la marirea consumului de oteluri si aliaje înalt aliate cu nichel, crom, molibden, niobiu, vanadiu, elemente scumpe si deficitare. Dar principalele preocupari ale producatorilor de utilaje ramân economia de materiale si asigurarea unei fiabilitati deosebit de înalte. Toate aceste cerinte pot fi satisfacute mai usor si mai economic prin utilizarea materialelor metalice placate.

Preocuparile privind realizarea produselor metalurgice din mai multe straturi, care sa realizeze un ansamblu de proprietati dorite, au început cu peste 40 de ani în urma o data cu dezvoltarea unor tehnici speciale, neconventionale pentru industria metalurgica.

In prezent, bimetalele prezinta solutia tehnica si economica cea mai convenabila pentru rezolvarea problemelor legate de coroziune, rezistenta, conductivitatea electrica si termica si alte combinatii de proprietati si caracteristici.

Dupa calitatea si utilizarea lor, materialele placate se pot împarti, în linii mari, în: anticorosive, de antifrictiune, rezistente la uzura, termobimetalice etc. Cele mai utilizate bimetale sunt otelurile placate cu metale si aliaje anticorosive, inoxidabile si refractare, fabricate sub forma de table si mai putin sub forma de benzi, tevi si sârma.

In tarile puternic industrializate se produce o gama larga de produse bimetalice, cu utilizari în cele mai diverse domenii.

Astfel, în S.U.A. tablele placate cu otel inoxidabil se utilizeaza cu succes la constructia buncarelor, benelor sau chiblelor pentru carbuni.

In Germania se produc table placate din otel, pentru cazane, cu otel inoxidabil austenitic cu utilizari în domeniul de temperatura 400 - 1000^{0}C.

Firma KLÖCKNER STAHL GmbH produce banda laminata la rece (PLATINOX) cu grosime de 1 mm, placata pe ambele fete, grosimea totala a stratului placat obtinut fiind de aproximativ 0,6 mm.

In FRANTA, principalul producator de table placate este firma CREUSOT - LOIRE INDUSTRIE, unde produsele obtinute prin placare reprezinta cca 90% din productia de tabla.

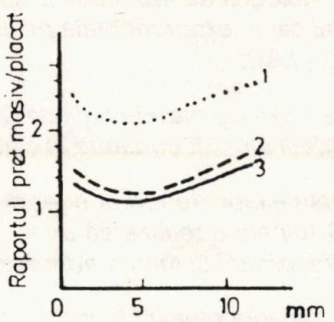


Fig. 1

Variatia raportului între costul tablelor din materiale metalice masive si costul tablelor de otel placate cu aceste materiale: 1 - otel placat cu Ni; 2 - otel placat cu otel inoxidabil Cr-Ni; 3 - otel placat cu otel inoxidabil Cr-Ni-Mo

Cost ratio for compact material plate versus plate coated with the same material

In figura 1 este reprezentata variatia raportului între costul tablei din otel masiv si costul tablei placate, pe baza rezultatelor obtinute în Franta.

Tablele placate se utilizeaza în aproape toate domeniile industriale. In industria nucleara se foloseste la constructia rezervoarelor de injectare a borului, a placilor tubulare pentru condensatori etc.

In industria petrochimica se foloseste la constructia unor parti componente ale instalatiilor de hidrocracare, hidrosulfurare, rafinare, schimbare de caldura. Printre alte utilizari ale acestor produse se mai pot enumera utilajele si instalatiile pentru industriile chimica, alimentara, celuloza si hârtie etc.

Pe plan intern productia de tabla placata a cunoscut o dezvoltare redusa, principala cauza constituindo faptul ca fabricatia actuala se desfasoara mai mult în conditii de provizorat, în sectii cu profit variat care împiedica extinderea si realizarea unui flux rational de fabricatie.

O alta cauza o constituie insuficienta cunoastere atât a avantajelor tehnico - economice ale acestor produse, cât si a posibilitatilor de fabricatie în tara, bazate uneori pe neîncredere în calitatea produselor ce se pot realiza în industria siderurgica românească.

In cadrul C.S. SIDEX S.A. GALATI s-au efectuat experimentari, privind laminarea în tabla groasa si banda la cald a semifabricatelor placate la NITRAMONIA S.A. FAGARAS.

Rezultatele obtinute au confirmat posibilitatile de fabricatie a acestor produse pe dotarile existente.

Ca urmare a unei fructoase colaborari între cercetatorii din cadrul ICPPAM S.A., ICEM S.A. si C.S. SIDEX S.A. , s-a cercetat si experimentat la nivel de laborator si pe scara industriala tehnologia de fabricatie a tablelor "triplex" destinate agriculturii, respectiv confectionarii cormanelor si anticormanelor de plug.

Obiectivul propus s-a materializat prin:

» *verificarea practica, optimizarea si stabilitatea tehnologiei de fabricatie propuse pe un lot de 16 sarje, experimentata pe fluxul OE - SLEBING - LBC;*

» *realizarea miezurilor de otel de calitate OLC 10 prin procedeul turnarii continue în sleburi;*

» *pregatirea suprafetelor sleburilor miez din calitatea OLC 10 pentru realizarea unei protectii contra oxidarii si maririi aderentei;*

» *elaborarea si turnarea otelului lichid ce constituie straturile rezistente la uzura si abraziune, dupa pregatirea prealabila sau concomitenta a lingotierelor, ansamblelor de turnare, a trenurilor de turnare si a turnarii lingourilor tip triplex;*

» *racirea, striparea si receptia lingourilor tip triplex;*

» *încarcarea si încalzirea lingourilor compuse tip triplex în cuptoarele adânci slebing în vederea laminarii în sleburi triplex;*

» *laminarea lingourilor tip triplex în sleburi tip triplex;*

» *tratamentul termic, racirea si receptia sleburilor tip triplex;*

» *încarcarea si încalzirea sleburilor triplex în cuptoarele cu propulsie LBC în vederea laminarii în banda triplex;*

» *laminarea sleburilor triplex în banda triplex laminata la cald la dimensiunile comandate;*

» *tratamentul termic în flux al benzii triplex laminate la cald prin racire dirijata;*

» *ajustarea benzilor triplex în table triplex prin taierea marginilor si debitarea la dimensiunile comandate;*

» *ambalarea, legarea, marcarea si încarcarea în mijloacele de transport;*

» *expedierea tablelor tip triplex la beneficiar.*

Loturile de tabla triplex au fost obtinute prin fabricarea a cca 1260000 kg otel lingou tip triplex turnate în 100 lingouri dupa tehnologia propusa experimental si verificata la scara industriala, conform schemei din figura 2.

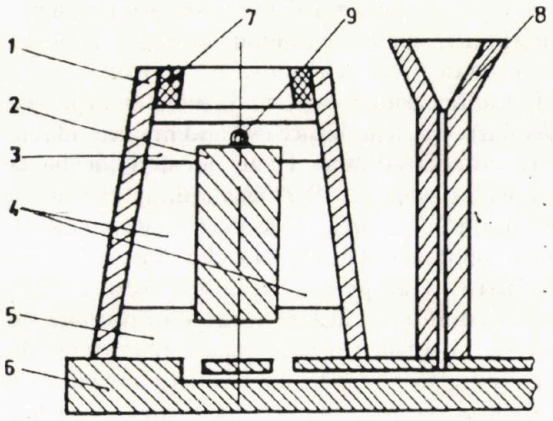
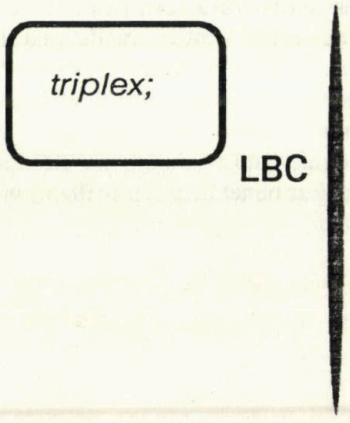


Fig. 2

1 - lingotiera; 2 - miez material de baza solid; 3 - sistem fixare miez superior; 4 - material de placare în stare lichida; 5 - sistem de fixare miez interior; pod de turnare; maselotaj; pâlnie de turnare; brida de manipulare

Triplex ingot casting diagram

Rezultatele obtinute confirma posibilitatile de fabricatie a acestui produs în cadrul C.S. SIDEX S.A. fara investitii suplimentare, pe dotarile existente.



ANALIZA TERMOENERGETICA A SOLUTIILOR CONSTRUCTIVE PENTRU O INSTALATIE TERMICA UTILIZATA LA FABRICAREA FITINGURILOR

Ing. Petre Raducanu, ing. Sorin Dimitriu - Universitatea "Politehnica" Bucuresti

C. Z.: 621.785

Analiza termoenergetica a cuptorului destinat fabricarii fitingurilor prin deformare plastica a evidentiat faptul ca acesta prezinta o pierdere de căldura prin radiatie termica directa nepermis de mare catre mediul exterior prin zona deschisa a cuptorului. Acest lucru duce la o functionare a instalatiei termice cu un randament foarte mic. De aceea s-a impus modernizarea cuptorului, înlocuindu-se constructia deschisa cu una de tip închis. S-au propus trei variante constructive care încearca sa raspunda cerintelor impuse în functionarea cuptorului [3].

REZULTATELE ANALIZEI TERMOENERGETICE

In urma analizei termice a variantei initiale de tip deschis s-a obtinut o valoare a randamentului termic $\eta_t = 4{,}7\%$ si un consum specific de combustibl $c = 0{,}371\ m^3_N/kg$ produs.

Solutiile de tip închis reduc la minimum pierderile la caldura catre mediul exterior si micsoreaza excesul de aer cu care se efectueaza arderea. Chiar si în cazul variantelor închise exista zone prin care apar pierderi de caldura prin radiatie. Se estimeaza ca la varianta I de tip închis suprafata de radiatie se reduce de la $A_r = 0{,}3138$ la varianta de tip deschis la $A_r = 0{,}0375\ m^2$, în timp ce la variantele II si III aceasta valoare se reduce la $A_r = 0{,}03\ m^2$. Aceasta reducere substantiala a suprafetei de radiatie duce la o diminuare a caldurii pierdute prin radiatie de la $Q = 122689$ kj/h, în cazul variantei deschise, la valori $Q = 22059...27600$ kj/h la solutiile de tip închis.

In cazul variantei I, indicii tehnico-economici ai cuptorului sunt $\eta_r = 8{,}89\%$ si $c = 0{,}1995\ m^3_N/kg$ material. Se constata deci ca realizarea unei constructii de tip închis permite o reducere cu circa 50% a consumului de combustibil.

Printr-o mai atenta proiectare, varianta de tip închis II permite o reducere a suprafetei exterioare a cuptorului si a suprafetelor prin care au loc pierderi de caldura prin radiatie.
In acest caz se obtin $\eta_r = 10{,}56\%$ si $c = 0{,}168\ m^3_N/kg$ material.

La cea de-a III-a varianta s-a prevazut posibilitatea recuperarii unei parti a energiei din gazele de ardere. Acest lucru se realizeaza atât prin montarea în spatiul din interiorul cuptorului a unor registre de preîncalzire a aerului si a combustibilului cât si prin asezarea unui recuperator convectiv-

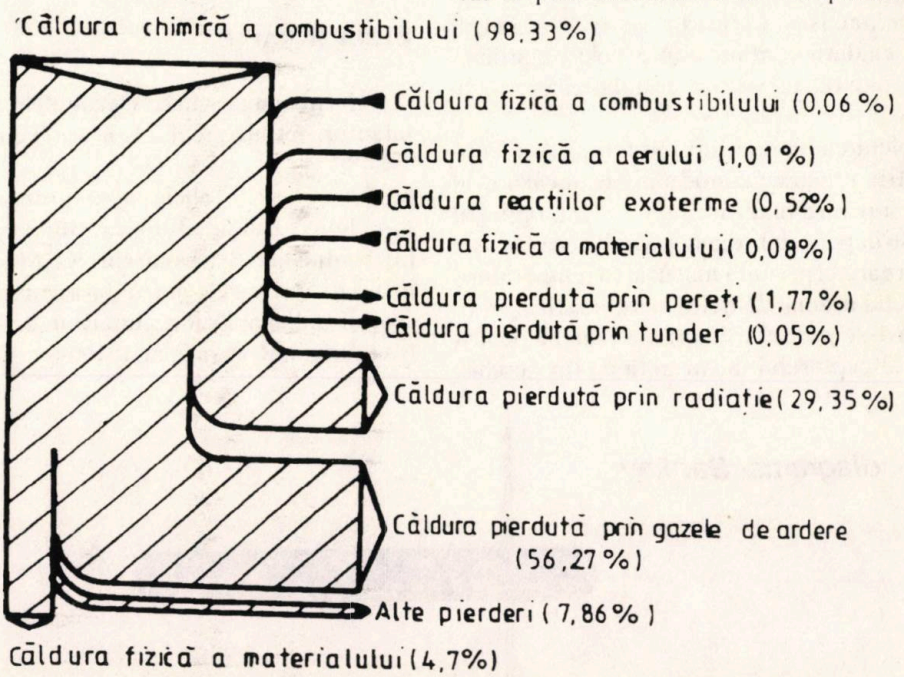


Fig. 1

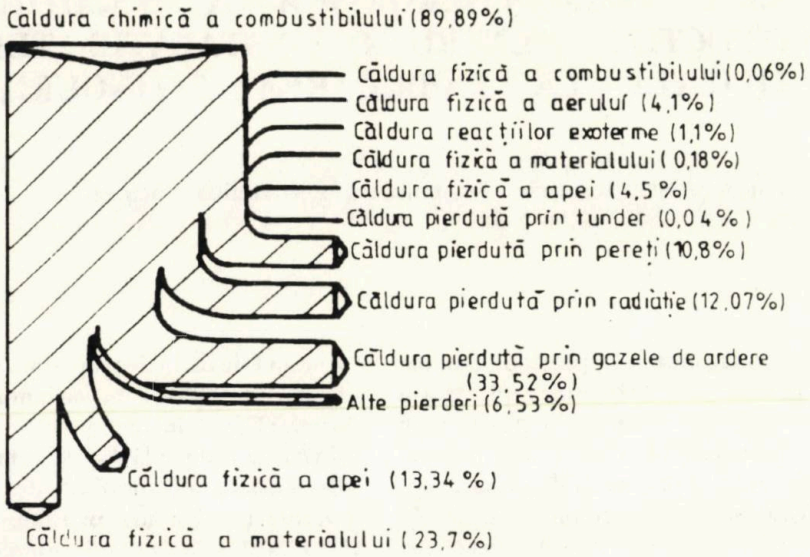


Fig. 2

radiant deasupra cuptorului, direct pe conducta de evacuare a gazelor arse. De asemenea, în cazul acestei variante, tinând seama de faptul ca utilizarea unei constructii de tip închis duce la o crestere a temperaturii gazelor de ardere în interiorul cuptorului si la o marire a suprafetei exterioare a cuptorului, ceea ce semnifica o intensificare a pierderilor de caldura prin peretii cuptorului, s-a optat pentru utilizarea unei captuseli din beton termoizolant fasonat. Aceasta solutie permite o reducere însemnata a pierderilor de caldura catre mediul exterior prin peretii cuptorului. In acest caz randamentul termic al instalatiei creste la $\eta_t = 11{,}67\,\%$, în timp ce consumul specific de combustibil scade la $c = 0{,}152\ m^3_N/kg$ material.

Daca la aceasta varianta se realizeaza si recuperarea caldurii continute în gazele de ardere, atunci randamentul termic al instalatiei creste la $\eta_t = 44{,}13\%$.

In completarea actiunii de modernizare a cuptorului, pentru urmarirea modului de încalzire al materialului si pentru realizarea unui reglaj optim al arzatorului, se impune dotarea cuptorului cu cel putin un pirometru care sa permita masurarea temperaturii semifabricatului în zona de deformare plastica.

In figura 1 se prezinta diagrama Sankey pentru bilantul real al cuptorului în varianta de tip deschis, în timp ce figura 2 prezinta aceeasi diagrama pentru cazul cuptorului în varianta III de tip închis, atunci când se realizeaza si recuperarea unei parti a energiei continute în gazele de ardere.

CONCLUZII

Concluzia care se desprinde din cele prezentate anterior este ca solutiile constructive de tip închis amelioreaza sensibil performantele instalatiei termice analizate. Solutia optima o reprezinta varianta de tip închis III, care prin recuperarea unei parti a caldurii gazelor de ardere duce la obtinerea celor mai bune rezultate.

BIBLIOGRAFIE

[1] **Carabogdan I.G., Carabulea A.**: Modele de bilanturi termice reale. Editura Tehnica, Bucuresti, 1984

[2] **Leca A** s.a.: Tabele, nomograme si formule termotehnice. Editura Tehnica, Bucuresti, 1987

[3] **Raducanu P., Dimitriu, S.**: Modernizarea unei instalatii termice pentru fabricarea fitingurilor în scopul îmbunatatirii regimurilor de functionare. In: Metalurgia, România, nr.1, 1994

diagrama Sankey

CODEPUNEREA NICHELULUI SI FIERULUI DIN ELECTROLITI DE SULFATI

Dr. ing. Maria Nicola, dr. ing. Teodora Badea, dr. chim. Mariana Ciureanu
- Universitatea "Politehnica" Bucuresti

C. Z.: 620.197.5

Electrodepunerea simultana a nichelului si fierului din electroliti de saruri simple (sulfati, cloruri) este posibila datorita potentialelor standard apropiate. ($\varepsilon^0_{Ni/Ni^{2+}} = -0{,}250$ V, $\varepsilon^0_{Fe/Fe^{2+}} = -0{,}44$V). Aceeasi structura cristalina (cubic cu fete centrate) si raze atomice foarte apropiate ($r_{Ni} = 1{,}25$Å; $r_{Fe} = 1{,}3$Å) determina obtinerea unor aliaje cu structura omogena, de solutii solide de substitutie. Diagrama de echilibru arata ca se formeaza solutii izomorfe în orice proportie, cele doua metale fiind total miscibile [1].

Aliajele nichel-fier obtinute electrochimic prezinta performante remarcabile din punct de vedere decorativ-protector. Sunt folosite cu succes ca înlocuitoare ale depunerilor de nichel, cu mentiunea ca prezinta un grad de nivelare superior. De asemenea aliajele nichel-fier prezinta proprietati magnetice, ceea ce le face aplicabile la circuitele cu memorie magnetica.

Caracterul particular al codepunerii nichelului si fierului îl constituie îmbogatirea aliajului în fier (metalul mai electronegativ) în raport cu compozitia electrolitului. O serie de autori au încercat sa explice acest fenomen, dar mecanismul codepunerii nichelului si fierului ramâne insuficient înteles. O ipoteza care pare sa explice mai complet anomalia codepunerii nichelului si fierului este aceea elaborata de **Dahms** si **Croll** [2] si sustinuta mai apoi de **Thomas** [3]. **Dahms** si **Croll** arata ca la începutul depunerii se descarca numai nichel, apoi, pe masura ce creste pH- ul la suprafata catodului (datorita descarcarii simultane a hidrogenului) apar ionii $FeOH^+$ cu capacitate de adsorbtie mai mare decât ionii $NiOH^+$. Drept consecinta, adsorbtia preferentiala a ionilor $FeOH^+$ frâneaza separarea catodica a nichelului. Constatarile experimentale privind independenta vitezei de descarcare a fierului de concentratia acestuia în solutie duc la concluzia ca etapa determinanta de viteza privind depunerea acestuia în prezenta nichelului presupune o specie adsorbita [4]. Ca urmare a constatarilor prezentate anterior Dahms si Croll propun urmatorul mecanism pentru codepunerea nichelului si fierului:

$$2H_2O + 2e \rightarrow H_2 + 2OH^- \quad (1)$$

$$Fe^{2+} + 2OH^- \rightarrow Fe(OH)_{2,\,ads}\ (\theta_{Fe(OH)2} \rightarrow 1) \quad (2)$$

La θ: $Fe(OH)2,ads + Fe(OH)_n^{(2-n)+} + 2e \rightarrow$

$$\rightarrow Fe + Fe(OH)_2,ads + nOH^- \quad (3)$$

La 1 - θ : $Ni(OH)_n^{(2-n)+} + 2e \rightarrow Ni + nOH^-$ (4)

unde θ este gradul de acoperire cu hidroxid feros.

Anomaliile în codepunerea metalelor sunt observate în general în elctrodepunerea aliajelor care contine unul sau mai multi ioni susceptibili de hidroliza, cum ar fi fierul, nichelul, cobaltul, zincul [4], astfel încât mecanismul prezentat anterior poate avea un caracter mult mai general.

Lucrarea de fata si-a propus studierea obtinerii electrochimice a aliajelor Ni-Fe din solutii de sulfati, în functie de densitatea de curent catodica, de temperatura , de concetratia fierului în solutie si de pH-ul solutiei. S-a urmarit obtinerea unor aliaje cu proprietati decorativ-protectoare; în acest scop grosimea depunerii a fost de 15 μm, iar continutul de fier în aliaj n-a trebuit sa depaseasca 30%.

Date experimentale

Depunerile de aliaj nichel-fier au fost realizate pe catozi din alama cu suprafata de 2 cm^2, prelucrate în prealabil prin slefuire, degresare, decapare, spalare. Anozii au fost cofectionati din nichel si fier, cu un raport al suprafetelor de 3:1. Determinarile s-au realizat în conditii de temperatura constanta.

Compozitia electrolitilor utilizati a fost urmatoarea:

$NiSO_4 \cdot 7H_2O$ - 218 g/l; $FeSO4 \cdot 7H_2O$ - 4-8 g/l; NaCl - 10 g/l; H_3BO_3 - 60 g/l; pH = 1 - 4; zaharina 2 g/l; lauril sulfonat de sodiu - 0,4 g/l. Regimul de lucru s-a caracterizat printr-o densitate de curent catodica de 0,5 - 8 A/dm^2 la o temperatura cuprinsa între 30-70^{0}C.

Cercetarile au urmarit influenta parametrilor amintiti (densitatea de curent, temperatura, concentratia fierului în solutie, pH-ul) asupra calitatii depunerii (aderenta, continuitate, luciu), randamentului catodic de curent si compozitiei aliajului.

Analiza (compozitiei) aliajului s-a facut prin determinarea nichelului-utilizând metoda complexometrica-fierul rezultând prin diferenta fata de masa depunerii. Pentru desprinderea stratului de aliaj de pe proba suport, probele folosite pentru analiza aliajului au fost pasivizate înainte de depunere prin cufundare într-o solutie de bicromat de potasiu.

- *Influenta densitatii de curent asupra randamentului catodic* este prezentata în figura 1. Se observa cresterea randamentului o data cu densitatea

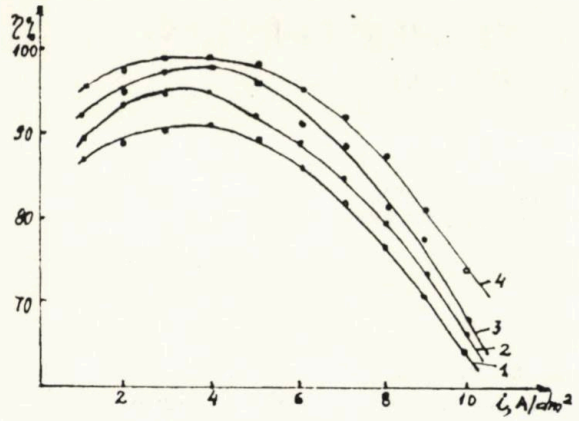


Fig. 1

Influenta densitatii de curent asupra randamentului catodic la diferite temperaturi: 1 - 30 ; 2 - 40; 3 - 50; 4 - 60^{0}C

Current density influence on cathode efficiency for various temperature ranges

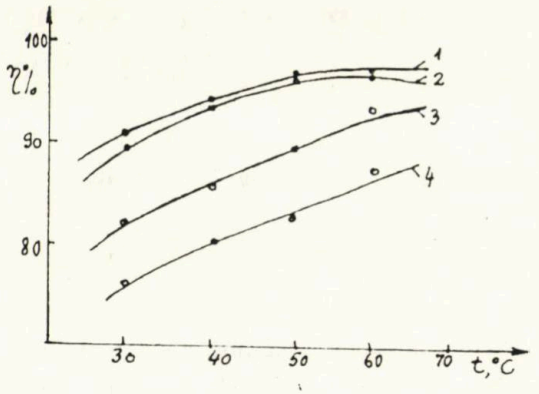


Fig. 3

Influenta temperaturii asupra randamentului catodic. Densitatea catodica de curent: 1 - 3; 2 - 5; 3 - 7;4 - 8 A/dm^2

Temperature influence on cathode efficiency for various current densities

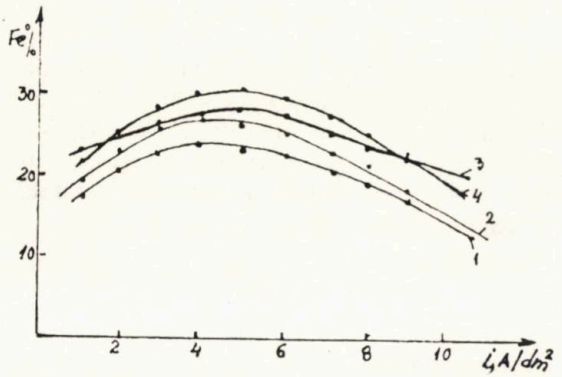


Fig. 2

Influenta densitatii catodice de curent asupra compozitiei aliajului la diferite temperaturi:1 - 30; 2 - 40; 3 - 50; 4 - 60^{0}C

Current density influence on alloy analysis for various temperature ranges

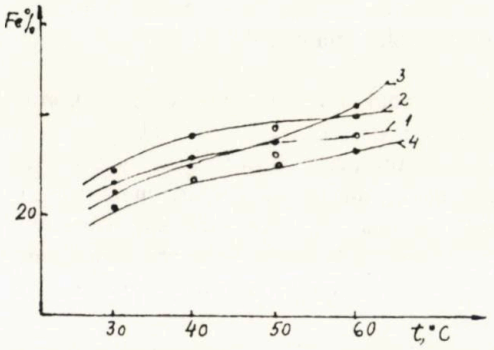


Fig. 4

Influenta temperaturii asupra continutului de fier din aliaj. Densitatea de curent: 1 - 3; 2 - 4; 3 - 5; 4 - 7 A/dm^2

Temperature influence on Fe content of the alloy for various current densities

de curent pâna la o valoare a acesteia de 4-6 A/dm^2, urmata în continuare de scaderea randamentului. Valoarea maxima a randamentului este de 98,8% la densitatea de curent de 5 A/dm^2 si temperatura de 60^{0}C .In figura 1 se evidentiaza, de asemenea, si cresterea de cca 5% pe decada randamentului catodic o data cu cresterea temperaturii.

- *Influenta densitatii de curent asupra compozitiei aliajului* este prezentata în figura 2. Se observa cresterea continutului de fier la cresterea densitatii de curent, procentajul maxim (30%) obtinându-se la 5 A/dm^2. Cresterea în continuare a densitatii de curent duce la scaderea continutului de fier. Cresterea continutului de fier în aliaj poate fi legata de variatia pH-ului la suprafata catodului, si anume la densitati mici de curent cresterea pH-ului este mica datorita degajarii reduse a hidrogenului. Cresterea densitatii de curent mareste degajarea hidrogenului si deci pH-ul de suprafata, fapt care favorizeaza adsorbtia ionilor $FeOH^+$ si prin urmare cresterea continutului de fier din aliaj. La densitati de curent mai mari de 6-7 A/dm^2 continutul de fier din aliaj începe însa sa scada, fapt explicat prin micsorarea vitezei de difuzie a ionilor Fe^{2+} prin stratul de $Fe(OH)_{2,ads}$, conform ecuatiilor (1)-(3). De asemenea, aspectul depunerilor variaza în functie de densitatea de curent, existând tendinta de deteriorare a acestuia la cresterea densitatii catodice.

- *Influenta temperaturii asupra randamentului catodic* este redata în figura 3. Se remarca o usoara crestere a randamentului cu cresterea temperaturii de cca 5% pe fiecare decada (în intervalul 30-60^{0}C). Fenomenul poate fi legat de scaderea inegala a polarizarii hidrogenului si a celor doua metale cu cresterea temperaturii.

- *Influenta temperaturii asupra continutului de fier în aliaj* este prezentata în figura 4, din care se observa cresterea nesemnificativa a continutului de fier (pentru densitatea de curent optima de 4-6 A/dm^2) cu cresterea temperaturii, ceea ce arata ca modificarea temperaturii nu schimba esential mecanismul depunerii.

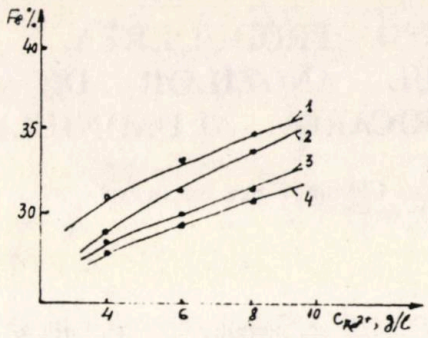


Fig. 5

Influenta concentratiei fierului din solutie asupra compozitiei aliajului. Densitatea de curent 1 - 3; 2 - 5; 3 - 6; 4 - 7 A/dm^2. Temperatura de lucru: 60^{0}C

Solute iron concentration influence on alloy analysis for 60^{0}C work temperature and various current densities

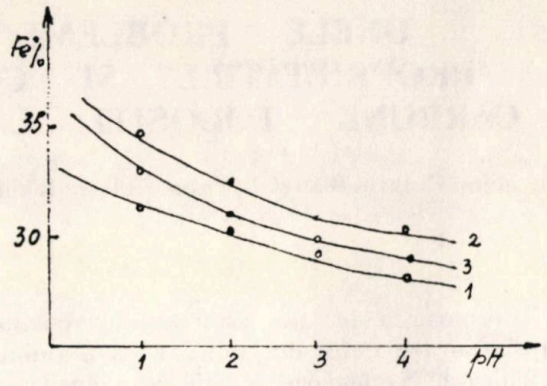


Fig. 6

Influenta pH-ului solutiei asupra compozitiei aliajului. Densitatea de curent: 1 - 4; 2 - 5; 3 - 6; 4 - 7 A/dm^2. Temperatura de lucru: 60^{0}C

Solution pH influence on alloy composition at 60^{0}C work temperature and various current densities

- *Influenta concentratiei fierului* din solutie asupra continutului de fier din aliaj este prezentata în figura 5. Se observa ca dublarea continutului de fier de la 4 la 8 g/l $FeSO_4 \cdot 7H_2O$ duce la o crestere a continutului maxim de fier de cca 5%, valoare obtinuta la o densitate de curent de 5 A/dm^2. Aceasta crestere poate fi explicata prin formarea în cantitate mai mare a hidroxidului feros si ca atare favorizarea adsorbtiei acestuia, ceea ce duce la frânarea descarcarii nichelului si favorizarea descarcarii fierului.

In domeniul de concentratii investigat, nu s-a observat modificarea aspectului depunerii legat de acest parametru.

- *Influenta pH-ului solutiei asupra continutului de fier în aliaj* este prezentata în figura 6. Se remarca o crestere a continutului de fier o data cu scaderea PH-ului. Acest fapt poate fi explicat prin marirea pH-ului de suprafata în solutii cu pH mai mic, datorita intensificarii degajarii hidrogenului. Cresterea pH-ului de suprafata creeaza conditii favorabile formarii hidroxidului feros si deci a adsorbtiei, având drept consecinta încetinirea descarcarii nichelului si favorizarea descarcarii fierului.

Aspectul depunerii este usor înrautatit la un pH foarte acid, datorita scaderii accentuate a continutului de nichel din aliaj si degajarii accentuate a hidrogenului.

- *Influenta pH-ului solutiei asupra randamentului catodic* este prezentata în figura 7. Se observa cresterea randamentului la cresterea pH-ului solutiei, fapt explicat de degajarea mai redusa a hidrogenului la pH-uri mai ridicate ale solutiei.

Sintetizând rezultatele prezentate privind obtinerea unor aliaje Ni-Fe cu proprietati decorativ protectoare, prin codepunerea nichelului si fierului din electroliti pe baza de sulfati, se ajunge la urmatoarele conditii optime privind compozitia electrolitului si parametrii de lucru: $NiSO_4 \cdot 7H_2O$ - 218 g/l; $FeSO_4 \cdot 7H_2O$ -4 g/l; NaCl - 10 g/l; H_3BO_3 - 60 g/l; pH = 3-4; zaharina - 2 g/l; lauril sulfonat de sodiu - 0,4 g/l; densitatea de curent catodica 0,5 - 5 A/dm^2; temperatura de lucru : 40-60^{0}C.

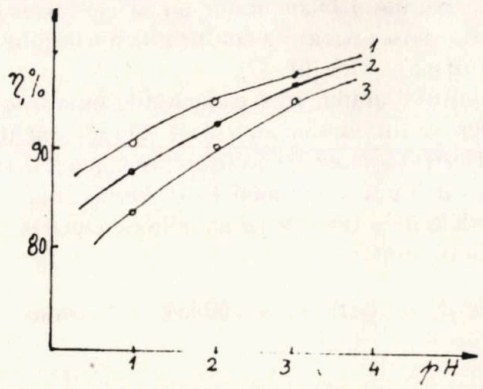


Fig. 7

Influenta pH-ului solutiei asupra randamentului catodic. Densitatea de curent: 1 - 3; 2 - 4; 3 - 6A/dm^2. Temperatura de lucru: 60^{0}C.

Solution pH influence on cathode efficiency at 60^{0}C and for various current densities

BIBLIOGRAFIE

[1] **Biollozar S.G., Liber M.**: Electrohimiia, 8, p.1081, 1976

[2] **Dahms H., Croll I.M.**: Electrochem.Soc.,112(8), p.771, 1965

[3] **Thomas B.M.**: J. Electrochem.Soc.,128(1), p.45, 1981

[4] **Brenner A.**: Electrodeposition of Alloys, vol.I, p.77, 191, 1963

UNELE PROBLEME PRIVIND PRODUCEREA, PROPRIETATILE SI CONSUMUL ANOZILOR DE CARBUNE FOLOSITI LA FABRICAREA ALUMINIULUI

Dr. chim. Galasiu Ioan si dr. chim. Galasiu Rodica - Institutul de Chimie Fizica Bucuresti

C. Z.: 669.713.7

Prepararea anozilor este doar o activitate suplimentara celei de reducere a aluminei. Modificarile în tehnologia de reducere a aluminei au serioase implicatii si asupra prepararii anozilor. Materiile prime pentru obtinerea anozilor reprezinta circa 50% din pretul lor. Forta de munca, administratia, energia si capitalul investit reprezinta alte elemente importante ale pretului de cost.

Calitatea materiilor prime are un efect decisiv asupra calitatii anozilor [1] - [5]. Restrictiile privind calitatea mediului înconjurator au, de asemenea, o influenta considerabila asupra tehnologiei de preparare a anozilor [6] - [7].

La nivelul anului 1991 capacitatile mondiale de producere a aluminiului au fost de 20 milioane tone pe an [1]. Aproximativ 80% din aceste capacitati sunt puse în functiune dupa anul 1960. Dupa anul 1960 principalele modificari în tehnologia de electroliza a aluminiului, sunt:

» spargerea "barierei de 100 kA" în deceniul sapte;

» puternica competitie între diferitele tehnologii de producere a aluminiului;

» spargerea "barierei de 200 kA" zece ani mai târziu, ajungându- se în prezent la 300 kA;

» conversia celulelor cu anozi Soderberg în celule cu anozi precopti cu alimentare continua;

» progrese în întelegerea teoretica a magnetohidrodinamicii celulelor de electroliza;

» reducerea consumului specific, ca urmare a asa-numitelor crize energetice din anii 1973 si 1979 [8] - [9];

» introducerea calculatoarelor de proces si a conducerii procesului de electroliza pe calculator; s-a marit astfel randamentul de curent de la 85 la 95% în uzinele moderne [10];

» reducerea muncii manuale prin mecanizare si automatizare;

» cresterea capacitatilor de productie pe uzina de la 50000 - 100000 t Al/an la 200000 - - 400000 t Al/an;

» investitii de aproximativ 5000 dolari/t Al pentru cresterea capacitatii de productie.

Pentru perioada care urmeaza, se pot astepta urmatoarele schimbari:

» obtinerea unor cuve de 300 - 500 kA;

» cu toate ca intensitatea pe celula creste, marimea anozilor probabil nu se va modifica;

» un randament de curent de 95 - 96% ;

» un consum specific de energie mai mic de 12 kWh/kg Al;

» modificarea tuturor cuvelor cu anozi Soderberg în cuve cu anozi precopti;

» severe restrictii în diferite domenii, cum sunt:

* *costul si disponibilitatile de energie electrica;*
* *disponibilitati de Al_2O_3 si NaOH;*
* *protectia mediului înconjurator;*
* *disponibilitati de capital*

» nu se asteapta deocamdata obtinerea unor noi procedee de fabricare a aluminiului.

BAZA DE MATERII PRIME PENTRU FABRICAREA ANOZILOR

Pe lânga resturile de anozi recirculati, anozii sunt fabricati din cocs de petrol si smoala de carbune ca liant. Pâna la criza petrolului din anul 1973, cantitatea de cocs petrol a fost abundenta, pretul scazut, iar sursele stabile. In anul 1973 a început o crestere rapida a pretului pentru materii prime si energie. Un impact foarte important s-a exercitat totodata si asupra logisticii pietei petrolului, rezultând din aceasta o mai mare varietate de tipuri de cocs petrol. Din cauza aceasta, toti expertii se asteapta la o crestere dramatica a continutului de sulf si vanadiu în carbune. Vanadiul este un puternic catalizator al reactiei de oxidare a carbunelui (cu O_2 si C_2) [11], deci se asteapta o descrestere a calitatii anozilor. Cresterea cantitatii de sulf în carbuni poate provoca o deteriorare a mediului înconjurator în sectiile de electroliza. Se pune problema obtinerii prin desulfurare a unor carbuni cât mai curati. In paralel cu cresterea continutului de sulf si vanadiu, structura cocsului petrol se schimba, obtinându-se carbuni cu un grad mai

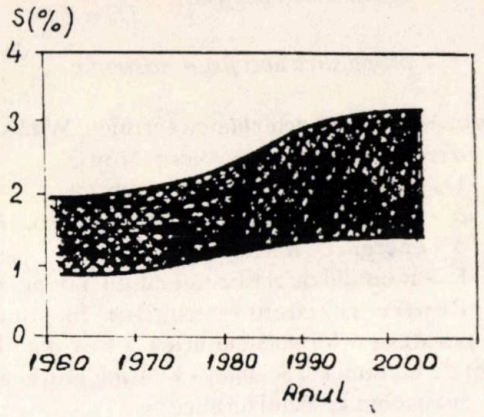


Fig. 1
Evolutia continutului de sulf din anozi
Sulphur content evolution in anodes

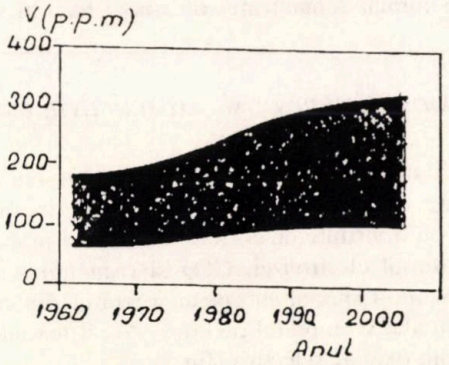


Fig. 2
Evolutia continutului de vanadiu din anozi
Vanadiu content evolution in anodes

ridicat de izotropie. Din acestia se obtin anozi cu un coeficient de expansiune termica mai mare si cu o mai mare sensibilitate la socuri de temperatura. Figurile 1 si 2 arata evolutia continutului de sulf si vanadiu în carbuni [1] începând din anul 1960. Cresterea continutului de vanadiu în cocsul de petrol utilizat în industria aluminiului mareste consumul de anozi datorita oxidarii si, de asemenea, provoaca marirea cantitatii de spuma de carbune în electrolit [12] - [13]. Cu doua decenii în urma, cea mai mare parte din cocsul de petrol avea un continut de vanadiu mai mic de 150 ppm. Astazi, însa, exista cocs petrol cu un continut de vanadiu de 300 ppm si probabil în viitor se va utiliza cocs cu 500 ppm vanadiu. In aceste conditii trebuie efectuate cercetari pentru obtinerea unor anozi, care sa poata fi folositi totusi în industria aluminiului, fara mari probleme operationale.

IMBUNATITIRI IN TEHNOLOGIA PRODUCERII ANOZILOR

Performantele anozilor în celulele industriale de obtinere a aluminiului sunt cel mai bine caracterizate de consumul net, asa cum se vede în schema din figura 3. Consumul net este un parametru important, deoarece acesta este în functie nu numai de calitatea anozilor, ci si de randamentul de curent si de geometria celulei [14]. Consumul net consta în consumul electrolitic si neelectrolitic (sau consum în exces). Consumul în exces variaza, pentru diferite calitati de anozi si pentru diferite geometrii de celula, de la mai putin de 20 kg C/t Al, la 150 kg C/t Al, din cauza proprietatilor anozilor si a problemelor de operare în celula.

<table>
<tr><td colspan="2">$2Al_2O_3 + 3C = 4Al + 3CO_2$</td><td></td><td></td></tr>
<tr><td colspan="2">Consum teoretic = 334 kg C/t Al</td><td rowspan="2">Consum în exces</td><td rowspan="2">Resturi</td></tr>
<tr><td colspan="2">Consum electrolitic = 334 randament de curent</td></tr>
<tr><td colspan="3">Consum net</td><td></td></tr>
<tr><td colspan="4">Consum total</td></tr>
</table>

Fig. 3
Consumul de anozi la electroliza aluminiului
Anode consumption in Al electrolysis

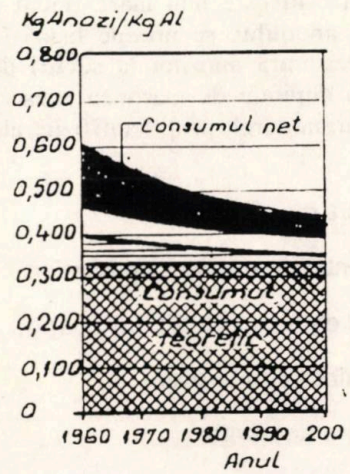


Fig. 4
Evolutia în timp a consumului de anozi
Time variation of anode consumption

Figura 4 arata tendintele consumului net, ale consumului electrolitic si ale consumului în exces începând din anul 1960.

Consumurile medii în anul 1960 au fost aproximativ urmatoarele:

» consum electrolitic 0,390 kg C/kg Al

» consum net 0,530 kg C/kg Al

» consum în exces 0,140 kg C/kg Al

In anul 1991 aceste consumuri au fost:

» consum electrolitic 0,350 kg C/kg Al

» consum net 0,430 kg C/kg Al

» consum în exces 0,080 kg C/kg Al

Având în vedere consumul teoretic de carbon, care este de 0,334 kg C/kg Al, în viitor nu este posibila o reducere considerabila a consumului electrolitic. Cu privire la consumul net, este posibil ca în viitor acesta sa fie 0,400 kg C/kg Al, sau chiar mai mic.

Aceasta înseamna un consum în exces de 0,050 kg C/kg Al, care este o valoare rezonabila.

Proprietatile anozilor influenteaza comportarea lor, în principal prin doua mecanisme diferite:

» pierderi fizice datorita socurilor termice;

» pierderi chimice datorita carboxireactivitatii si oxireactivitatii.

Socurile termice

La scurt timp dupa ce un anod rece este introdus în celula de electroliza, un val de caldura patrunde prin partea lui inferioara. Are loc o expansiune termica, aceasta provocând un stres mecanic în anod.

Daca stresul este mai mare decât rezistenta mecanica a anodului, se produc fisuri în aceasta. Rezistenta anozilor la socuri de temperatura depinde de marimea acestor socuri si de urmatoarele proprietati fizice ale lor:

» rezistenta mecanica;

» coeficientul de expansiune termica;

» modulul de elasticitate al lui Young;

» conductibilitatea termica;

» densitatea aparenta;

» energia de fracturare.

In literatura de specialitate referitoare la rezistenta la socuri de temperatura a materialelor ceramice se face o diferentiere între rezistenta la aparitia unei noi crapaturi si rezistenta la propagarea unei crapaturi existente [15].

Se cunosc urmatoarele ecuatii:

» *Rezistenta la socuri termice pentru:*

* *aparitia unei noi fisuri:* $\frac{\lambda \sigma_B}{D_a \alpha E}$ (1)

* *propagarea unei fisuri existente:* $\frac{\delta_E}{\sigma_B^2}$ (2)

unde: λ este conductibilitatea termica, W/mK;
σ_B - rezistenta la încovoiere, N/m^2;
D_a - densitatea aparenta, kg/dm^3;
α - coeficientul de expansiune termica, 1/K;
δ - energia de fracturare, J/m^2;
E - modulul de elasticitate al lui Young, N/m^2.

Pentru rezistenta anozilor la socuri de temperatura o formula empirica a fost data în anul 1990 de Kummer si Schmidt - Hatting [16] si anume:

$$\text{rezistenta la socuri termice} = \frac{\lambda / \lambda_0}{(\sigma_B / \sigma_{B0})(D_a / D_{a0})(E / E_0)(\alpha / \alpha_0)} \quad (3)$$

unde indicele "zero" se refera la valorile pentru materialele nefisurate. In viitor, aceasta prima aproximatie poate fi confirmata sau modificata (de exemplu energia de fracturare nu este luata în considerare) masurând proprietatile fizice de mai sus, pentru un numar semnificativ de anozi fisurati sau nefisurati.

Carboxireactivitatea si oxireactivitatea

Anozii calcinati constau dintr-un amestec de granule de cocs si resturi de anozi recuperati, împreuna cu o mixtura de cocs de smoala si praf de cocs. In timpul electrolizei, CO_2 si oxigenul reactioneaza în mod special cu cocsul rezultat din calcinarea smoalei si cu praful de cocs. Acest fenomen este denumit oxidare selectiva (fig.5).

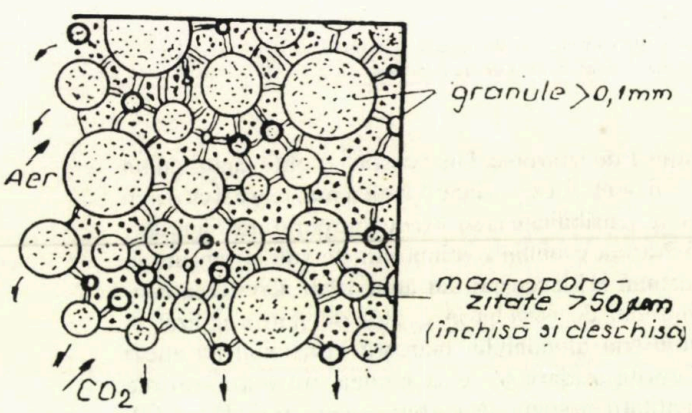


Fig. 5
Oxidarea selectiva a anozilor
Selective anode oxidating

Anozii necopti sunt impermeabili pentru gaze. In timpul calcinarii, aproximativ 40% din smoala se

volatilizeaza, iar prin degajarea gazelor ia nastere o porozitate deschisa. Fractiunea din porii deschisi mai mari de 50 μm provoaca o permeabilitate a anozilor fata de gaze [17].

In cazul anozilor care sunt permeabili pentru gaze, în interiorul acestora au loc reactii aditionale celor de la suprafata lor. Figura 6 arata reactiile chimice, temperaturile si parametrii mai importanti, de care depind oxireactivitatea si carboxireactivitatea anozilor de carbune.

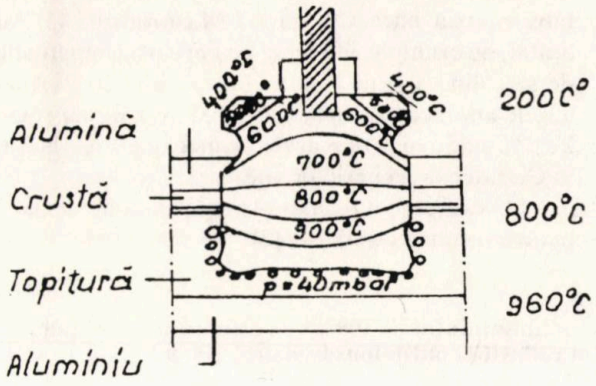


Fig. 6
Temperatura în anod si unele reactii care au loc la anod
Anode temperature and anode reaction

Exista mai multe lucrari în literatura de specialitate care dau corelatii între proprietatile anozilor si consumul de anozi [3],[18] - [24].

Fischer si colaboratorii [17],[22] au dat o formula empirica de calcul al consumului net de anozi, în functie de proprietatile lor, dedusa din date culese timp de 20 de ani:

$$CN = C + \frac{343}{RC} + 1{,}2(t - 960) - 1{,}7\,RCR + \\ + 9{,}3PA + 8CT - 1{,}5\,ROR \qquad (4)$$

unde:

CN	este	consumul net, kg C/t Al	= 400 - 450
C	-	factorul celulei	= 270 - 310
RC	-	randamentul de curent	= 0,82 -0,95
t	-	temperatura în electrolit, °C	= 945 - 980
RCR	-	reziduul în reactia de carboxireactivitate, %	= 75 - 90
PA	-	permeabilitatea fata de aer, nPm	= 0,5 - 5,0
CT	-	conductibilitatea termica, W/mK	= 3,0 - 6,0
ROR	-	reziduul în reactia de oxireactivitate, %	= 60 - 90

Factorul celulei pentru ultimul an de activitate, se calculeaza introducând în formula valorile parametrilor mentionati.

In formula (4), reziduul în reactia carboxireactivitate (RCR) se masoara în felul urmator: o proba de carbune cu diametrul de 50 mm si lungimea de 60 mm se tine în atmosfera de CO_2, la temperatura de 960^0C, timp de 7 ore. Dupa acest timp se cântareste praful care se desprinde de pe carbune, se cântareste proba, iar aceasta constituie reziduul în reactia de carboxireactivitate (%); de asemenea, se calculeaza cantitatea de carbon care reactioneaza cu CO_2 (carboxireactivitatea %).

La fel se determina si reziduul în reactia de oxireactivitate (oxidarea în aer), tinând proba în aer la o temperatutra de 550 - 400^0C timp de 10 ore.

Reactii / Temperaturi si principalele influente	
Reactia cu CO_2	Reactia cu aerul
$C + CO_2 = 2CO$	
960 ± 20^0C	450 - 800^0C
carboxireactivitatea	oxireactivitatea
permeabilitatea	permeabilitatea temperatura

Porozitatea

Lucrarile [25] - [28] au aratat ca exista corelatii între volumul porilor mai mari de 7,5μm, numita porozitate mare P_M, si principalii parametri fizico - chimici si electrochimici ai anozilor folositi la electroliza aluminiului. Ecuatiile rezultate pentru aceste corelatii sunt date în tabelul 1. Simbolurile din tabelul 1 reprezinta: K = rezistivitatea electrica; σ = rezistenta la compresiune; C = carboxireactivitatea (în aceste studii s-a exprimat carboxireactivitatea, conform tehnologiei Pechiney, în pierderea de greutate a probei de carbune în timpul reactiei cu CO_2, masurata în mg/cm^2•h; P_M = volumul porilor mai mari de 7,5μm; CO_2 = proportia de CO_2 în gazele anodice în timpul electrolizei normale, iar D_{cr} = densitatea critica de curent pentru aparitia efectului anodic.

Modul de lucru pentru masurarea acestor parametri se cunoaste din literatura de specialitate si se efectueaza în toate fabricile de producere a

Tabelul 1

Corelatii între porozitatea mare P_M a anozilor de carbune si parametrii care caracterizeaza comportarea lor la electroliza
Correlation between carbon anode large porosity, P_M, and parameters governing their electrolysis behaviour

Ecuatia	Coeficientul de corelare	
$K = 1164 + 0{,}3476 \cdot 10^3 P_M$	0,95	(5)
$\sigma = 100{,}7 + 0{,}3156 \cdot 10^4 / P_M$	0,82	(6)
$\sqrt{C} = -8{,}7008 + 0{,}81 P_M$	0,90	(7)
$\%CO_2 = 85{,}14 - 0{,}82 C$	- 0,98	(8)
$\%CO_2 = 205{,}9 - 8{,}66 P_M$	- 0,90	(9)
$Dcr = 8{,}32 - 0{,}37 P_M$	- 0,90	(10)

faptului ca, în timpul electrolizei, gazele anodice au un continut marit de CO_2; în sfârsit, acesti anozi intra usor în efect anodic, fenomen care provoaca perturbari majore în functionarea cuvelor de electroliza, producând si micsorarea randamentului de curent si a randamentului de energie [29],[30].

In ecuatia (8) s-a dat si corelatia care exista între carboxireactivitatea carbunilor (reactia $CO_2 + C = 2CO$) si continutul de CO_2 în gazele anodice în timpul electrolizei. Asa cum era de asteptat, coeficientul de corelare este foarte bun. Un coeficient de corelare ceva mai mic îl are relatia (9), deoarece în carbuni exista impuritati care pot cataliza sau inhiba reactia între CO_2 si C. Masuratorile [31] au aratat, de exemplu, influenta pe care o au impuritatile de sulf din carbuni asupra continutului de CO_2 din gazele anodice, si anume faptul ca anozii care contin 2 - 5 % sulf dau în timpul electrolizei gaze mai bogate în CO_2 decât cei lipsiti de sulf.

O verificare a relatiei (4) este data în tabelul 2, pentru o celula de 100 kA [2].

Tabelul 2

Verificarea relatiei (4) pentru o cuva de producere a aluminiului de 100 kA cu alimentare continua
Equation (4) results for an Al production cell with continuous feed and 100 kA

	C	RC, %	t, °C	RCR, %	PA, nPm	CT, W/mK	ROR, %	CN calc., kg/t Al	CN obs., kg/t Al
Anozi standard	288	91	962	92	1,2	4,5	82	424	421
Anozi slabi	288	87	974	87	2,0	4,0	69	488	492

aluminiului. Pentru obtinerea corelatiilor din ecuatiile (5) - (10) s-a prelevat un numar mare de probe din anozii folositi curent la fabricarea aluminiului, s-au masurat proprietatile fizico - chimice, iar apoi cu ajutorul metodei celor mai mici patrate s-au gasit ecuatiile respective.

Ecuatiile (5) - (10) nu sunt valabile în caz ca se ia în considerare porozitatea totala a carbunilor, în locul porozitatii lor.

Cu cât coeficientul de corelare este mai apropiat de unitate, cu atât valorile experimentale prezinta o împrastiere mai mica de la ecuatia data.

Asa cum se vede din relatiile (5) - (10), cu cât volumul porilor mai mari de 7,5μm este mai mare, cu atât calitatea anozilor este mai slaba. Astfel, anozii cu o porozitate mare foarte ridicata vor avea o rezistenta electrica mare, ceea ce duce la pierderi de curent electric prin efect Joule si, de asemenea, la degradarea lor; acesti anozi au de asemenea o rezistenta la compresiune mica, deci se sfarâma destul de usor (acestea duc si la o rezistenta mica la socuri de temperatura); carboxireactivitatea lor va fi mare, ceea ce înseamna si un consum mare de carbune datorita

Din relatiile (5) - (10) se vede însa ca anozii de proasta calitate, pe lânga o crestere a consumului lor la electroliza, provoaca si alte neajunsuri, cum sunt: cresterea freeventei efectelor anodice si deci a temperaturii electrolitului, depuneri de alumina pe vatra cuvei etc. Din cauza aceasta, efectul global al anozilor de proasta calitate asupra pretului de cost al aluminiului este de fapt de trei ori mai mare decât pretul consumului suplimentar de carbune. Astfel, o fabrica de aluminiu cu o productie de 120000 t Al/an, care opereaza cu anozi prosti, are cheltuieli lunare mai mari cu 1 milion de dolari, din cauza consumului suplimentar de carbune, a scaderii randamentelor de curent si de energie si a cresterii costului fortei de munca [2].

INFLUENTA MATERIILOR PRIME ASUPRA PROPRIETATILOR ANOZILOR PRECOPTI

Anozii precopti tipici folositi la electroliza aluminiului au compozitia de aproximativ 65% cocs petrol, 20% resturi de anozi recirculati si 15% smoala.

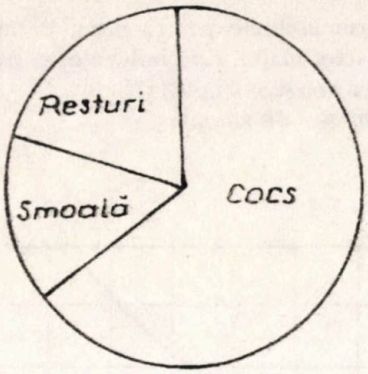


Fig. 7
Consumul de materii prime pentru productia de anozi
Raw materials consumption for anode manufacture

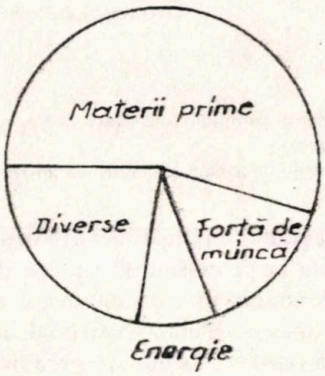


Fig. 8
Costurile pentru producerea anozilor
Anode manufacture costs

Costul materiilor prime reprezinta aproximativ 50% din costul total al anozilor, iar pe plan mondial pretul lor este de aproximativ 2 miliarde dolari pe an (fig.7 si 8). Utilizarea unor materii prime ieftine si de buna calitate poate influenta decisiv pretul aluminiului. Pretul materiilor prime depinde de fluctuatiile economice, crizele energetice etc. si de probleme care din nefericire nu pot fi influentate de producatorii de aluminiu. Materiile prime de buna calitate pot sa fie procurate daca se cunosc corelatiile dintre parametrii de producere ai materiilor prime, proprietatile acestora, proprietatile anozilor si comportarea lor la electroliza. Dependentele între proprietatile materiilor prime si proprietatile anozilor precopti sunt redate în cele ce urmeaza.

Influenta materiilor prime asupra densitatii anozilor precopti

Densitatea volumetrica a cocsului

Densitatea volumetrica a cocsului este direct proportionala cu densitatea aparenta a anozilor (fig.9) [2]. Densitatea volumetrica a cocsului este la rândul ei dependenta de proprietatile cocsului necalcinat, cum sunt cantitatea de materii volatile, marirea granulelor si conditiile de calcinare.

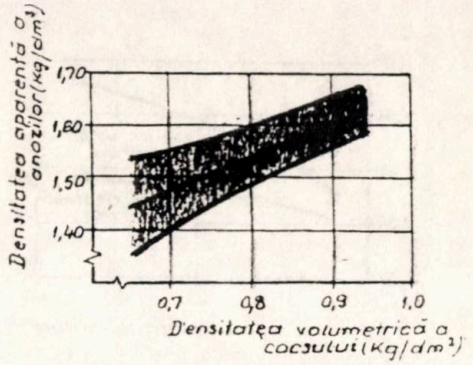


Fig. 9
Influenta densitatii volumetrice a cocsului asupra densitatii aparente a anozilor
Bulk coke density influence on anode density

Densitatea aparenta a smoalei

Smoala cu densitatea aparenta mare da anozi mai densi decât smoala usoara, cu o densitate scazuta (fig.10) [2].

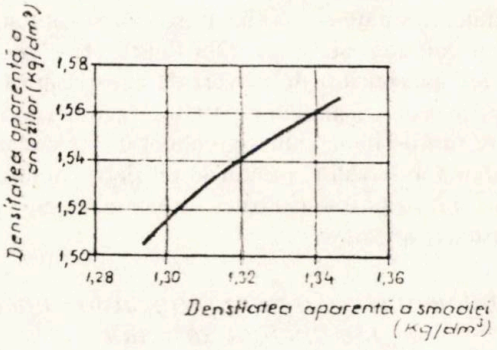


Fig. 10
Dependenta între densitatea smoalei si densitatea anozilor
Anode density dependence on tar density

Cantitatea si felul resturilor de anozi

La fabricarea anozilor se folosesc si 15 - 30 % resturi de anozi. Este bine cunoscut faptul ca, proprietatile anozilor depind de cantitatea si calitatea resturilor de anozi. Sunt influentate în special proprietatile mecanice, permeabilitatea, carboxireactivitatea si oxireactivitatea lor. In urma unor analize efectuate pe un numar mare de resturi de anozi, s-a constatat ca exista doua categorii de resturi de anozi. Prima categorie, de buna calitate, are proprietatile asemanatoare cu cele ale anozilor de la care provin. O a doua categorie de anozi este de slaba calitate din cauza unei oxidari pronuntate în întreg volumul lor si are o densitate mica si o porozitate ridicata. De

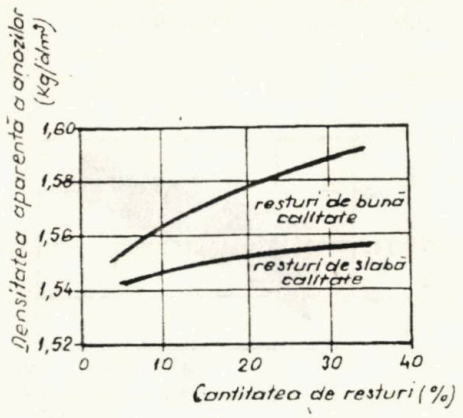


Fig. 11

Influenta cantitatii si calitatii resturilor de anozi asupra densitatii aparente a anozilor

The influence of anode butts quantity and quality on apparent anode density

asemenea, acestia au o rezistenta mecanica scazuta, o conductibilitate termica scazuta, o foarte mare permeabilitate fata de aer, oxireactivitatea si carboxireactivitatea ridicata si, de asemenea, o temperatura de aprindere mai mica cu circa 60^{0}C. Acestia sunt mult mai mult impregnati cu electrolit. Resturile anodice de buna calitate pot fi curatate pâna la un nivel de 1000 ppm sodiu. In anozii de proasta calitate, cantitatea de sodiu atinge 3% si influenteaza serios calitatea acestora. Din figura 11 se vede influenta adaosurilor de resturi de anozi asupra densitatii aparente a anozilor [5]. Cu cât creste cantitatea de resturi de buna calitate, cu atât creste densitatea aparenta a anozilor. Resturile de slaba calitate, din cauza porozitatilor ridicate, influenteaza mai putin densitatea anozilor.

Influenta materiilor prime asupra permeabilitatii anozilor

Densitatea volumetrica a cocsului

Cocsul cu o densitate volumetrica scazuta da anozi cu densitate aparenta scazuta. Aceasta înseamna ca anozii au o macroporozitate ridicata si o mare permeabilitate pentru gaze. Permeabilitatea este un factot major, care influenteaza comportarea la ardere a anozilor (fig.12) [2].

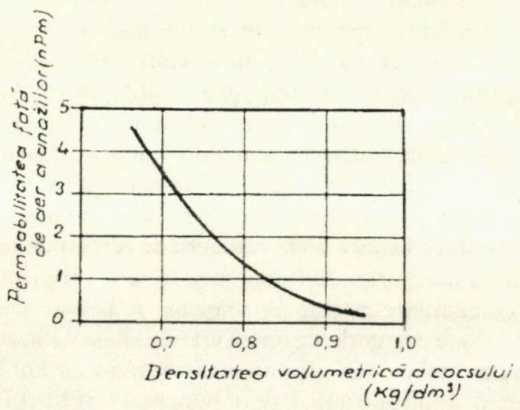


Fig. 12

Dependenta permeabilitatii fata de aer a anozilor de densitatea volumetrica a cocsului

Anode permeability for air depending on bulk coke density

Cantitatea de smoala

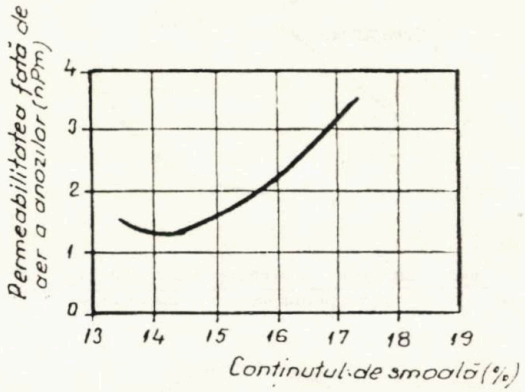


Fig. 13

Dependenta permeabilitatii fata de aer a anozilor de continutul de smoala din anozi

Anode permeability for air depending on anode tar content

Permeabilitatea fata de aer a anozilor este extrem de sensibila la proportia de smoala din reteta. Un continut de smoala prea scazut duce la obtinerea unei mase carbunoase cu mari spatii goale între granulele de coce, în timp ce o cantitate prea mare de smoala da anozi cu o foarte ridicata porozitate deschisa, din cauza ca în timpul calcinarii se pierde o mare cantitate de produsi volatili. Ambele situatii maresc permeabilitatea fata de aer a anozilor, asa cum se vede în figura 13 [2].

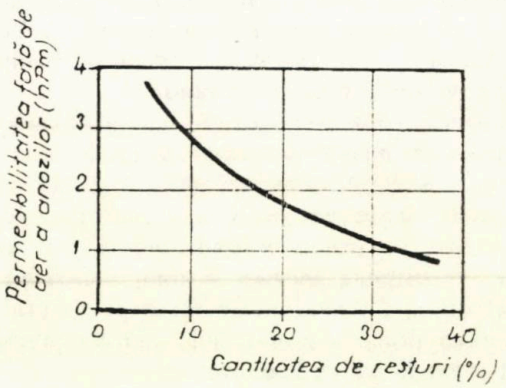


Fig. 14

Dependenta permeabilitatii fata de aer a anozilor de continutul de resturi din anozi

Anode permeability for air depending on anode butts content

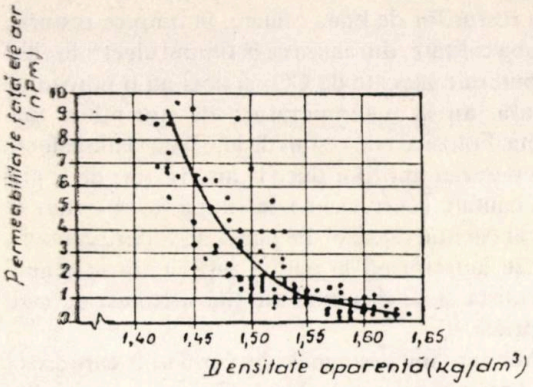


Fig. 15

Dependenta între densitatea aparenta si permeabilitatea fata de aer a anozilor

Apparent anode density dependence on their permeability for air

Cantitatea de resturi

Prin adaugarea de resturi de anozi de buna calitate se micsoreaza permeabilitatea fata de aer a carbunilor obtinuti [5], asa cum se vede în figura 14. Permeabilitatea fata de aer a anozilor depinde si de densitatea lor aparenta [14], asa cum se vede în figura 15. Deci, prin marirea densitatii aparente a anozilor se poate micsora consumul de carbuni la electroliza.

Influenta materiilor prime asupra carboxireactivitatii anozilor

Carboxireactivitatea cocsului

Cu cât carboxireactivitatea cocsului este mai mare, cu atât reziduul obtinut la masurarea carboxireactivitatii anozilor este mai mic [32], asa cum se vede în figura 16. Cu cât reziduul obtinut la carboxireactivitatea anozilor este mai mic, cu atât va fi mai mic consumul de anozi. Limitele (maxima si minima) depind de continutul de sodiu din cocs.

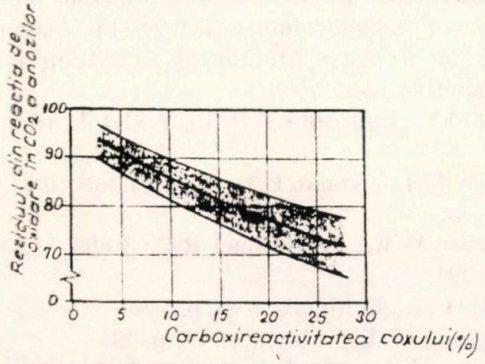


Fig. 16

Dependenta între carboxireactivitatea cocsului si reziduul de la masurarea carboxireactivitatii anozilor

Coke carboxyreactivity dependence on residues resulted from carboxyreactivity measurements

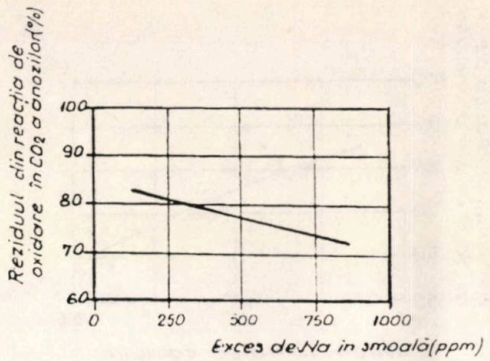


Fig. 17

Dependenta între continutul de sodiu în smoala si reziduul de la masurarea carboxireactivitatii anozilor

Tar sodium content dependence on carboxyreactivity measurement residues

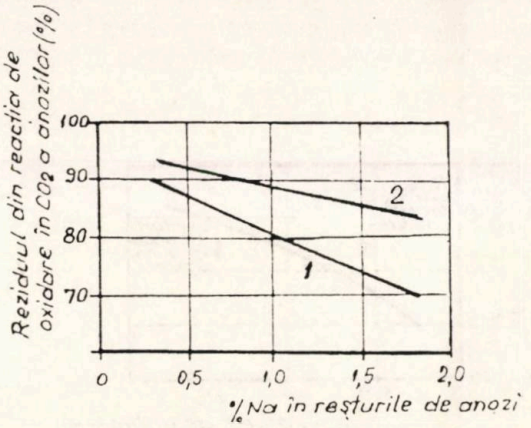


Fig. 18

Influenta continutului de sodiu din resturile de anozi asupra reziduului obtinut la masurarea carboxireactivitatii anozilor pentru doua tipuri de cocs: 1 - cu sensibilitate mare la sodiu; 2 - cu sensibilitate mica la sodiu

Anode butt content influence on resulted measurements residues for two coke types: 1 - with high Na sensitivity; 2 - with low Na sensitivity

Continutul de sodiu în smoala

Cu cât cantitatea de sodiu din smoala este mai mare, cu atât reziduul obtinut la masurarea carboxireactivitatii anozilor este mai mic [2], asa cum se vede în figura 17.

Continutul de sodiu în resturile de anozi

Cantitatile mari de sodiu sub forma de criolit, introduse în compozitia anozilor o data cu resturile de anozi, micsoreaza serios reziduul de la masurarea carboxireactivitatii anozilor [5], asa cum se vede în figura 18. S-a constatat ca exista doua feluri de cocs, mai sensibil sau mai putin sensibil la actiunea sodiului. Aceasta dependenta subliniaza importanta pe care o are operatia de curatire a resturilor de anozi, dupa extragerea lor din cuva.

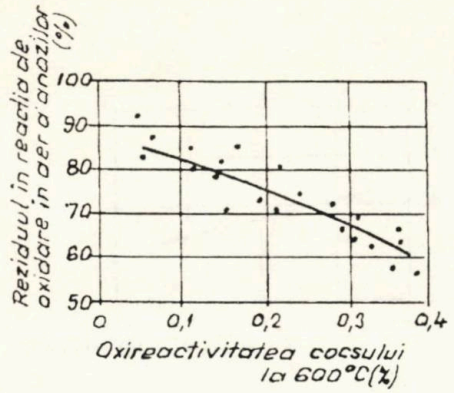


Fig. 19

Dependenta între oxireactivitatea cocsului si reziduul obtinut la masurarea oxireactivitatii anozilor

Coke oxyreactivity influence on anode oxyreactivity measurement residue

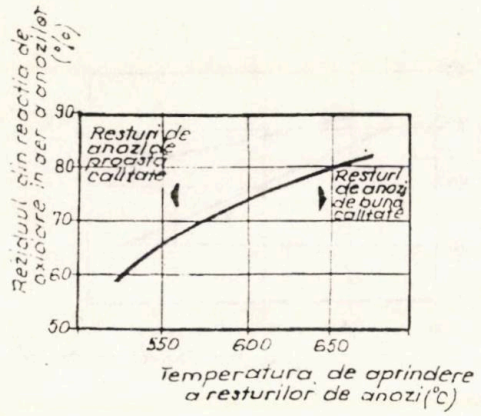


Fig. 20

Dependenta între temperatura de aprindere a resturilor de anozi si reziduul obtinut la masurarea oxireactivitatii anozilor

Anode butts ignition temperature dependence on anode oxyreactivity measurement residue

Influenta materiilor prime asupra oxireactivitatii anozilor

Oxireactivitatea cocsului.

Cocsul care are o oxireactivitate mica va da si anozi pentru care reziduul la masurarea oxireactivitatii anozilor [32] este mare, asa cum se vede în figura 19. Reziduul de la masurarea oxireactivitatii anozilor este direct corelat cu consumul de carbune la electroliza. Prin descresterea cu 10% a reziduului de la masuratori la electroliza a oxireactivitatii anozilor, se mareste consumul net cu 15 kg C/t Al.

Temperatura de aprindere a resturilor

Cu cât tempetarura de aprindere a resturilor de anozi recirculati este mai mare, cu atât reziduul de la reactia de oxireactivitate este mai mare [5]. O temperatura de aprindere ridicata este o caracteristica a resturilor de buna calitate, în timp ce resturile de slaba calitate, din cauza ca în timpul electrolizei au fost puternic atacate de CO_2 si deci au o porozitate ridicata, au si o temperatura de aprindere mai scazuta. Folosirea de resturi de anozi de slaba calitate la prepararea anozilor duce la alte resturi de si mai slaba calitate (cere vicios), iar dupa 3 - 4 cicluri se obtin anozi atât de slabi din punct de vedere calitativ, încât se autoaprind la partea superioara în timpul electrolizei si se desprind din tija metalica de care sunt prinsi.

Acestea sunt doar unele din corelatiile care exista între proprietatile materiilor prime si proprietatile anozilor obtinuti.

De asemenea, oxidarea interna a anozilor în timpul electrolizei modifica mult proprietatile lor [33].

Din anul 1960 consumul net de anozi pe plan mondial a fost redus cu cel putin 60 kg C/t Al. La productia actuala mondiala de aluminiu, aceasta reprezinta o reducere de 1,2 mil.t de material anodic pe an si o economie de aproximativ 200 mil. dolari.

Pentru o uzina cu o capacitate de 100000 t Al/an, reducerea consumului net cu 0,010 kg C/kg Al înseamna o economie de 200000 dolari pe an.

Reducerea consumului net, între anii 1960 si 1990, arata ca banii investiti în cercetare în aceasta perioada au fost bine folositi.

Astazi, pentru a construi o uzina de productie a aluminiului cu o capacitate de 200000 t Al/an este necesara o investitie de circa 1 mld.dolari. Aceasta investitie imensa are o influenta majora asupra pretului aluminiului produs. Orice efort pentru reducerea costului investitiei si a costurilor de exploatare este binevenit pentru producatorii de aluminiu.

BIBLIOGRAFIE

[1] **Keller F., Fischer W.K.**: Light Metals, 1992, p. 673

[2] **Fischer W.K.**: *Influence of Row Materials on the Properties of Prebaked Anodes* .The 9 th International Course on Process Metallurgy of Aluminium, Trondheim, Norway, 1990

[3] **Vogt M.F. , Zabreznik R.D.**: Light Metals, 1989, p. 443

[4] **Itskov M.L. , Yanko E.A.**: Light Metals, 1991, p. 621

[5] **Fischer W.K., Perruchoud R.C.**: Light Metals, 1991, p. 721

[6] **Keller F.**:Light Metals, 1989, p. 589

[7] **Skogland M.**:Light Metals, 1991 p. 497

[8] **Thomas Holmes G.**: Light Metals, 1980, p. 401

[9] **Kvante H.**: Light Metals, 1991, p. 421

[10] **Langon B., Peyneanu J.**: Light Metals, 1990, p. 267

[11] **Schmdt-Hatting W.** s.a.: Light Metals, 1986, p.623

[12] **Galasiu I., Galasiu R.**: Rev. Roumaine Chim (sub tipar)

[13] **Galasiu I., Galasiu R.**: Revista de chimie (sub tipar)
[14] **Fischer W.K., Keller F., Perruchoud R.C.**: Light Metals, 1991, p. 681
[15] **Schmidt-Hatting W.**s.a: Light Metals, 1988, p. 253
[16] **Kummer E., Schnidt-Hatting W.**: Light Metals, 1990, p. 485
[17] **Fischer W.K., Perruchoud R.**: Light Metals, 1986, p.575
[18] **Hollingsghead E.A., Braunwarth V.A.**: *Extractive Metallurgy of Aluminium*. Interscience Publishers, vol.2, New York, 1963, p.31
[19] **Barrilon E.**: *Proceedings of the international meeting on Anode Problems in Aluminium Electrolysis.* Milan, June 1971, Ed.ICSOBA, Budapest, 1973, p.87
[20] **Ayushin B.I.**: Tsvet. Metally, 9, 1977, p. 39
[21] **Grjotheim K., Welch B.J.**: *Aluminium Smelter Technology*. Aluminium Verlag, Düsseldorf, 1980, p. 146
[22] **Keller F., Fischer W.K.**: Light Metals, 1882, p. 729
[23] **Fitchet A.M.**: Light Metals, 1988, p. 291
[24] **Huston G.J., Oye H.A.**: Aluminium, 61, 1985, p. 251, 346, 426
[25] **Zuca S., Galasiu I.,Onisor M.**: Metalurgia, 30, 1978, p. 530
[26] **Zuca S., Galasiu I., Terzi M.**: Revista de Chimie, 33, 1982, p. 830
[27] **Zuca S., Galasiu I., Balu I.**: rev. Roumaine Chim., 29, 1984, p. 309
[28] **Galasiu I., Galasiu R.**: Rev. Roumaine Chim. (sub tipar)
[29] **Grjotheim K.**, s.a.: Aluminium Electrolysis. Aluminium Verlag, Düsseldorf, 1977
[30] **Galasiu I., Galasiu R.**: Revista de Chimie, 36, 1985, p. 1004
[31] **Zuca S., Galasiu I., Ivana E.**: *Lucrarile simpozionului de Electrochimie Aplicata. Timisoara, 1985, p. 623*
[32] **Tonti R.T.**: Light Metals, 1992, p. 635
[33] **Galasiu I., Galasiu R.**: Revista de Chimie (sub tipar)

REVISTA REVISTELOR

STAHL UND EISEN, GERMANIA, 1993, Nr.6

- Politica economica are o noua orientare, p.31
- Dezvoltarea, stadiul tehnologic si aspecte de viitor ale elaborarii otelului (comunicarea la primul congres european privind elaborarea otelului în convertizoare cu oxigen - 21.VI.1993 - Neuss), p.39
- Dezvoltarea unui sistem de conducere a procesului de elaborare în convertizoare cu oxigen, cu lance de masurare inclinata, p.49
- Controlul procesului de decarburare pe baza masurarii parametrilor gazelor evacuate (comunicare la conferinta internationala CECO asupra progreselor în tehnicile de masurare; încercari în siderurgie - 30.XI.1992 - Düseldorf), p.55
- Principiile de automatizare ale unei instalatii de desulfurare a fontei, în cadrul unei otelarii, p.63
- Reconstructia instalatiei de degazare a otelului la otelaria nr.1 cu convertizoare cu oxigen de la Thyssen Stahl AG (Duisburg), p.69
- Produse refractare legate cu rasini sintetice. Experienta mondiala în domeniul otelariilor (raport prezentat la cel de-al II-lea simpozion international asupra refractarelor cu bachelita - 3.XII.1992 - Dortmund), p.75
- Prelungirea campaniei de functionare a furnalelor. Factori care influenteaza durabilitatea creuzetului (comunicare la Congresul siderurgiei germane VDEh - 12.XI.1992 - Düsseldorf), p.81
- Factori care influenteaza circulatia radiala a gazelor prin furnal si importanta lor pentru functionarea acestuia (comunicare la congresul siderurgiei germane VDEh - 12.XI.1992 - Düsseldorf), p.93
- Simularea micsorarii grauntilor de austenita la laminare (comunicare la Congresul Academiei miniere Freiberg - 3.VII.1992), p.103
- Institutul de siderurgie si directia de specializare - "Tehnologia otelului" la Universitatea Tehnica "Academia miniera" Freiberg, p.111
- Efectul de îndrumare a impozitarii degajarilor de CO_2 si de energie, p.117
- Conducerea întreprinderilor într-o perioada de transformari revolutionare, p.127
- Informatii despre congrese si târguri. Informatii tehnice din industria siderurgica mondiala
- Informatii economice
- Bibliografie

NETEZIMEA SI PERFORMANTELE SUPRAFETEI PIESELOR DIN OTEL TURNATE CU MODELE DIN POLISTIREN

Dr. ing. Ion Chira, conferentiar
Dr. ing. Teodora Sabau, conferentiar
Ing. Ion Marginean

Universitatea "Politehnica" Bucuresti

Ing. Nicolae Denghel

S.C. Faur S. A. Bucuresti

C. Z.: 669.218.018

Criterii de apreciere a calitatii piesei turnate

Calitatea suprafetei piesei turnate este apreciata dupa prezenta aderentelor, lucrul mecanic consumat pentru îndepartarea acestora (prin sablare) si marimea medie a rugozitatii. Aceste elemente au fost cercetate în cazul turnarii cu modele gazificabile din polistiren, în "forma plina" utilizându-se o proba tehnologica proiectata în acest scop (fig.1) în urmatoarele conditii:

» utilizarea presiunilor metalostatice variabile, în functie de înaltimea adoptata pentru rama semiformei superioare;

» cercetarea calitatii suprafetei piesei turnate în conditiile unor pereti cu grosimi de 35-135 mm;

» utilizarea modelelor gazificabile din polistiren cu diferite grade de aglomerare la expandare, respectiv cu diferite densitati;

» cercetarea simultana a 5 compozitii de acoperiri refractare, comparativ cu situatia turnarii-solidificarii fara utilizarea vopselelor la interfata metal-forma [1]-[4].

Tendinta de formare a aderentelor (TA) s-a apreciat prin prezenta crustelor sinterizate pe suprafata piesei dupa sablarea standard a acesteia (notata conventional cu semnul +) sau absenta acestora (semnul -); sablarea s-a efectuat în camera de sablare, cu transportor suspendat cu cârling, timp de 5 minute, cu alice din otel, turnate, sparte, STAS 7482-86 (lungimea camerei de sablare: 6000 mm, viteza transportului 1 m/min).

Rugozitatea s-a apreciat indirect, cu ajutorul unei truse de etaloane pe o scala conventionala cu 10 clase (tab.1).

Etaloanele s-au obtinut prin turnarea unor pastile (ϕ 40 x H 20)mm, din aliaj usor fuzibil tip Bascalloy (58% Bi si 42% Pb); pe pânze de smirghel-corund, de diferite granulatii aceste pastile au fost etalonate prin masurarea rugozitatii suprafetei frontale, turnate pe pânza de smirghel, cu ajutorul unui rugozimetru cu ac palpator de diamant, tip 112/1100, model SURTRONIC-ROUGHNESS, fabricat de "The Rank Organisation - Rank Taylor Hobson", din Danemarca; acest aparat, cu capul mobil pe o distanta dubla l = 5 mm (dus-întors), este prevazut cu in-

Tabelul 1

Caracteristicile trusei de etaloane utilizate pentru determinarea rugozitatii suprafetelor pieselor turnate experimental (STAS 5730/5 '91)
Gage set features for test piece castings surface roughness (STAS 5730/5 '91)

Rugozitatea etaloanelor	Numerele conventionale ale etaloanelor									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Ra, microni	1,5 - 2	2 - 5	5 - 7	7 - 9,5	9,5 - 12	12 - 14	14 - 18	18 - 20	20 - 22	22 - 24
Rz, microni	6,6 - 8,7	8,7-12,2	21 - 29,6	29,6-39,9	39,9 - 50,2	50,2-58,0	58,0 - 73,3	73,3 - 83,2	83,2 - 89,2	89,8 - 97,3
Calitatea vizuala a suprafetei	Foarte neteda	Neteda	Intre 2 si 9	Intre 2 si 9	Intre 2 si 9	Intre 2 si 9	Intre 2 si 9	Intre 2 si 9	Rugoasa	Foarte rugoasa
Clasa conventionala de rugozitate	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X

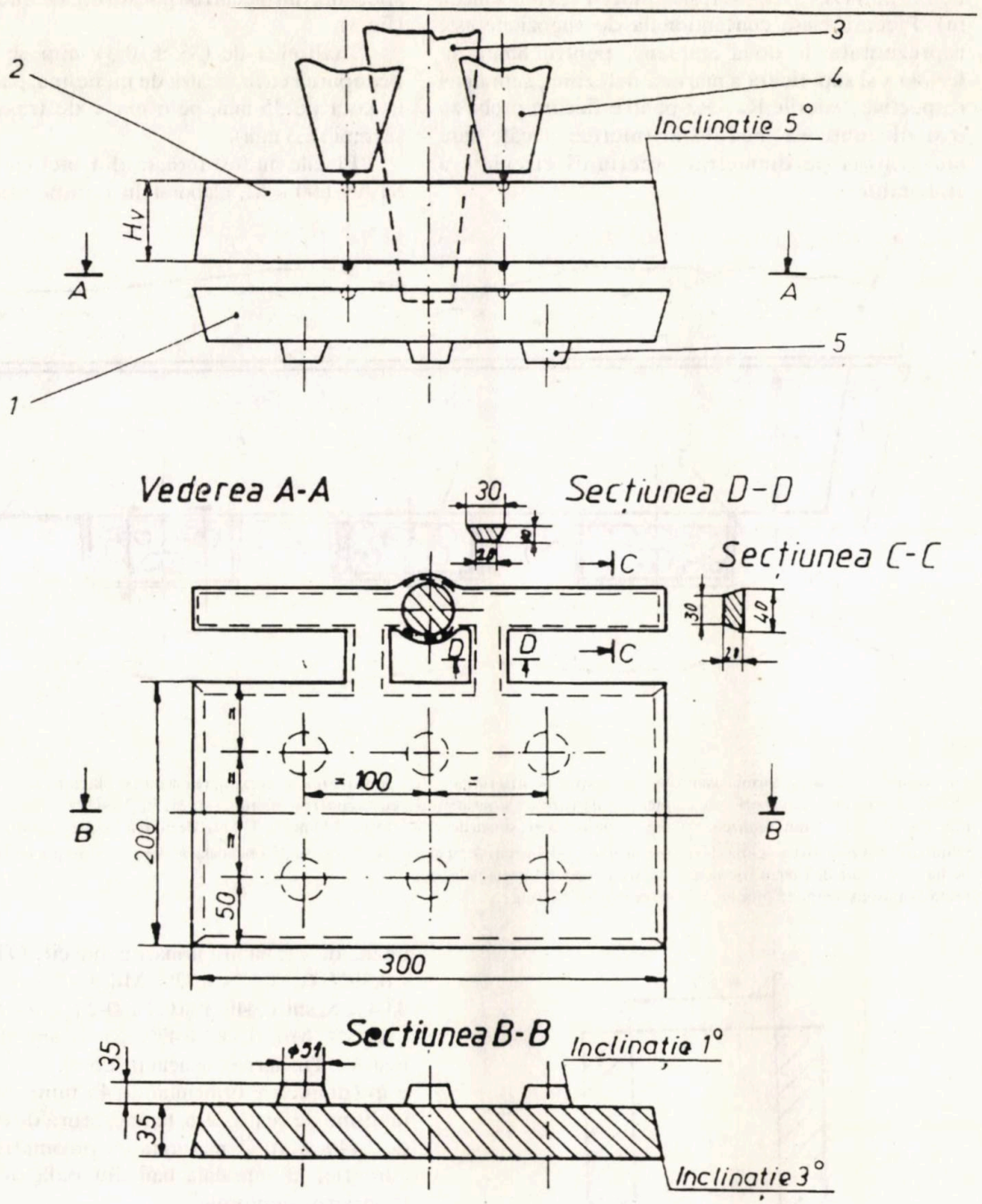


Fig. 1

Garnitura de model utilizata pentru efectuarea cercetarilor

Pattern assembly used for investigation

dicator optic gradat în unitati Ra, μm (abaterea medie aritmetica a neregularitatilor). Masurarea rugozitatii s-a facut si în unitati R_z (înaltimea medie a neregularitatii), cu utilizarea relatiei de echivalare:

$$\lg R_z = 0{,}65 + 0{,}97 \cdot \lg Ra \qquad (1)$$

conform STAS 5730/5-91, sistemul M (al liniei medii m). Fiecare clasa conventionala de rugozitate este reprezentata de doua etaloane, pentru limita inferioara si superioara a marimii netezimii, suprafetei respective; valorile Ra - Rz pentru fiecare proba au fost obtinute ca mediile aritmetice a câte sase masuratori pe diametrele sectiunii circulare a etalonului.

Fiecare placa de otel turnata permite studiul comparativ a sase epruvete cilindrice ϕ = 50mm si H = 35mm din polistiren (fig.2); epruvetele din polistiren, care se gazifica în timpul turnarii, sunt confectionate prin decuparea cu ajutorul unei prediicele speciale, din blocuri de polistiren, de diferite densitati (fig.3).

Inaltimea de (35 ± 0,5) mm se obtine prin decuparea cu fir încalzit de nichelina, plasat orizontal la cota de 35 mm, pe o masa de trasaj (diametrul sârmei : 0,5 mm).

Placile au fost turnate din otel carbon amestecuit STAS 600 - 82, elaborat în cuptor electric cu arc,

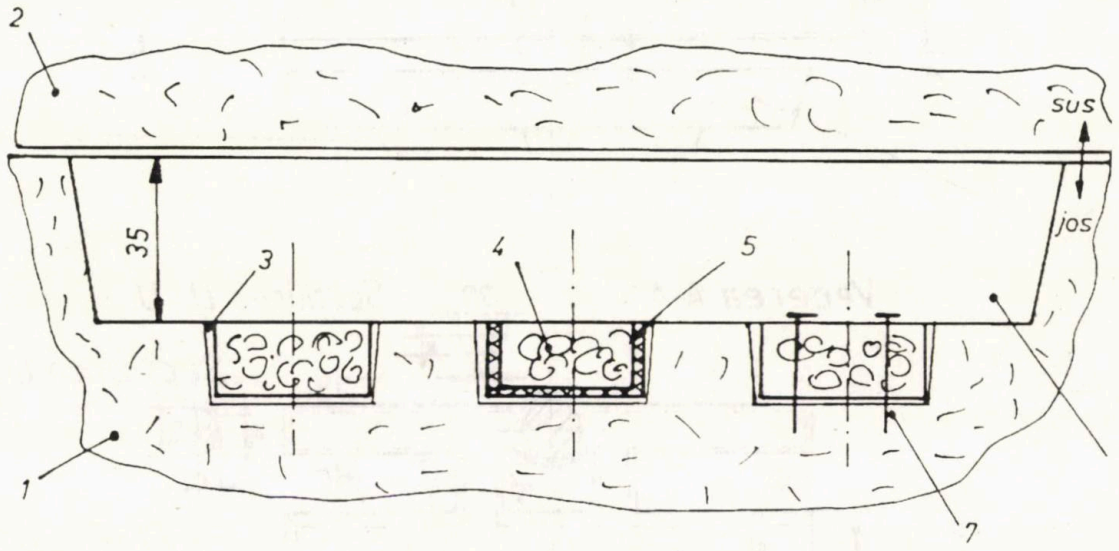


Fig. 2

Detaliu prin sectiunea formei asamblate pregatite pentru turnare: 1 - semiforma inferioara, realizata cu placa model de baza cu H = 35 mm; 2 - semiforma superioara, cu piciorul de turnare si rasuflatori (cu cavitati cu înaltimea de 25, 50, 75 si 100 mm, care împreuna cu placa de baza de 35 mm realizeaza placile turnate cu grosimea de 60, 85, 110 si 135 mm); 3 - locas de marca, pentru montarea epruvetelor cilindrice din polistiren; 4 - model gazificabil din polistiren, ϕ 50 mm si H = 35 mm; 5 - pelicula de vopsea contra aderentelor; 6 - placa de baza; 7 - cuie de turnatorie pentru fixarea modelelor din polistiren

Detail of an assemblied mould section, ready for casting

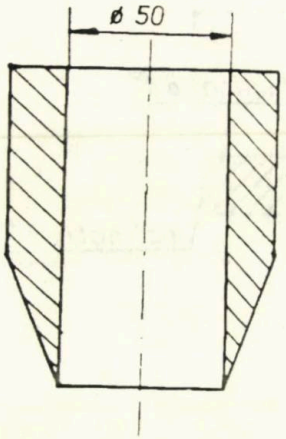


Fig. 3

Dispozitiv metalic (tip preducea) pentru decuparea epruvetelor din polistiren cercetate

Metal device for cut off polystiren test pieces

bazic, de 7 t; au fost urmarite marcile OT 500-2 (0,32 - 0,39% C, 0,57 - 0,72% Mn, 0,35 - 0,42% Si, sub 0,04% S, sub 0,04% P si OT450-2 (0,19 - 0,28% C; 0,47 - 0,63% Mn; 0,38 - 0,47% Si si, sub 0,04% sulf si fosfor). Turnarea s-a facut pe convertizor, din oala cu dop (diametrul orificiului de 45 mm) de 3 t, de la o înaltime de cca. 0,70 m; temperatura de turnare a fost de 1440 ± 10^0C, masurata cu pirometrul optic fara corectie, la suprafata baii din oala de turnare, la desarjarea cuptorului.

Formarea s-a realizat mecanizat, prin scuturare si presare, utilizându-se amestec unic. Reteta si caracteristicile componentelor acestui amestec sunt urmatoarele:

» 100% nisip cuartos de Aghires, clasa N 05, Cl < 0, 5%, M 50 = 0,35 mm, GU = 74%, STAS 5609-87;

» ,13% bentonita activata, STAS 9163/9-89;

» 4% pudra de carbune tip Anina max. 10% (cenusa, volatile max.40%, max.9% umiditate) STAS 6101 - 79;

» 1% dextrina tip A, STAS 8 - 65;

» permeabilitate peste 70 UP;

» umiditate max. 3%;

» rezistenta la compresiune min. 3 daN/cm^2;

» indicele de sfarâmare tip Shater-test min. 95%.

S-au utilizat vopsele de acoperire anhidre, compozitii specifice turnarii pieselor din otel, dar si sisteme utilizate în mod particular pentru modele din polistiren (cu solvent care dizolva superficial polistirenul) (tab.2).

Tabelul 2

Compozitii de protectie antiaderente studiate
The investigated antiadherent protective creatings

Simbolul	Compozitia	
	%, procente masice	p, parti volumetrice
V_1	4p - faina de cuart, tip II STAS 6737 - 91 0,2 p - asfalt propanic 0,2 p acid boric 6p - ciclohexan 0,1 p stearat de alumiuniu	
V_2	11% - rasina fenoformaldehidica 0,08% - acid boric 3% - polivinil 8% - perlit expandat alcool metilic, rest până la 100%	
V_3	9p - faina de zirconiu 1p - ulei de in fier tip H STAS 18 - 70 4p - silicat de sodiu tip SB (cu d = 1,53 g/cm^3, m 2,4) STAS 2902 -87 6p - white spirit	
V_4	7p -alumina 0,1 p - asfalt propanic 0,2 p acid boric 3p - ciclohexan	
V_5	40% faina de cuart tip II, STAS 6737 - 91 2% polivinilbutiral 28 acetat de vinil alcool metilic, rest până la 100%	

Modelele cilindrice din polistiren (ϕ 30 x H = 35) mm au fost decupate din blocuri de polistiren cu densitati d_1 = 15, d_2 = 29 si d_3 = 34, kg/m^3; acestea au fost gazificate la turnarea placii de otel atât în stare nevopsita (simbol - V), cât si vopsite (simbol + Vi, i - numarul conventional al acoperirii, conform datelor din tab.2), cu grosimea de 0,5; 1 si 2 mm (marimi uzuale ale peliculei de vopsea pentru piesele din otel).

Tabelul 3

Clasele conventionale de rugozitate obtinute la turnarea cu modele din polistiren nevopsite, cu diferite densitati, placi din OT 500 - 2 STAS 600 - 82
Conventional roughness classes resulted after casting with varying density uncoated polystiren patterns; OT 500 - 2, STAS 600 steel plates

Grosimea placii turnate, mm	Densitatea polistirenului, kg/m^3					
	15		29		35	
	R_z	TA	R_z	TA	R_z	TA
35	VII	+	VI	+	V	-
85	VIII	+	VII	+	VI	-(+)
135	IX	+	VIII	+	VII	+

In tabelele 3 - 6 sunt prezentate o parte din rezultatele obtinute.

Analizând aceste date, se pot face precizari si se pot evidentia corelatiile dintre conditiile tehnologice ale experimentarilor si calitatea suprafetei piesei turnate, si anume:

» exista o diferenta neta între rugozitatile pieselor turnate cu modele nevopsite si vopsite. Pentru cazul modelelor nevopsite, cele cu densitate ridicata duc si la obtinerea de suprafete mai netede, chiar la grosimi mari de perete al piesei (tab.3).

Utilizarea vopselelor de protectie, chiar la modele din polistiren de joasa densitate (d = 15kg/m^3), duce la îmbunatatirea calitatii suprafetei pieselor turnate din otel(tab.4). Dintre vopsele, cele mai eficiente sunt compozitiile V_3 - pe baza de faina de zirconiu si V_4 - pe baza de alumina.

Netezimea maxima se obtine fie prin marirea densitatii polistirenului (tab.4 si 5, la aceeasi grosime a peliculei de vopsea), fie prin marirea grosimii acesteia (tab.5 si 6, cu aceeasi densitate ridicata a polistirenului). Marirea grosimii stratului de vopsea este limitata însa de scaderea preciziei dimensionale si de pericolul aparitiei de fisuri si crapaturi în peretele peliculei de acoperire, ca urmare a evaporarii solventului.

Tendinta de formare a aderentelor ramâne ridicata, la modele nevopsite chiar la grosimi reduse de perete (35 mm), iar la modele vopsite, crustele sinterizate sunt prezente la grosimi de peste 85 mm (fig.4).

Ramân deschise problemele legate de carburarea superficiala a pieselor din otel pe seama produselor de termodistructie a polistirenului si aspectele legate de compactitatea peretelui si aparitia defectelor de turnare de tipul suflurilor.

Tabelul 4

Clasele conventionale de rugozitate obtinute la turnarea cu modele din polistiren vopsite, cu d = 15 kg/m^3, X_v = 0,5 mm, placi din OT 450 - 2 STAS 600 - 82
Conventional roughness classes resulted after casting with coated polystiren patterns having d = 15 kg/m^3, X_v = 0,5mm, OT 450 - 2 STAS 600 - 82 steel plates

Grosimea placii turnate, mm	Tipuri de vopsele utilizate											
	Nevopsit (-V)		+ V_1		+ V_2		+ V_3		+ V_4		+ V_5	
	R_z	TA	R_z	TA	R_z	TA	R_z	TA	R_z	TA	R_z	TA
35	VII	+	IV	-	IV	-	III	-	III	-	IV	-
60	VII	+	V	+	V	+	IV	-	III	-	V	+
85	VIII	+	VI	+	VI	+	VI	+	IV	+	VII	+
110	VIII	+	VII	+	VI	+	VI	+	VI	+	VIII	+
135	IX	+	VIII	+	VIII	+	VII	+	VII	+	VIII	+

Tabelul 5

Clasele conventionale de rugozitate obtinute la turnarea cu modele din polistiren vopsite, cu d = 35 kg/m^3; X_v = 0,5mm, placi din OT 500 - 2 STAS 600 - 82
Convemntional roughness classes resulted from casting with coated polystiren patterns having d = 35 kg/m^3; Xv = 0.5 mm; OT500 - 2 STAS 600 - 82 steel plates

Grosimea placii turnate, mm	Tipuri de vopsele utilizate											
	Nevopsit (-V)		+ V_1		+ V_2		+ V_3		+ V_4		+ V_5	
	Rz	TA	R_z	TA	R_z	TA	R_z	TA	R_z	TA	R_z	TA
35	IV	+	II	-	II	-	II	-	II	-	II	-
60	V	+	III	-	III	-	II	-	II	-	II	-
85	VII	+	III	+	IV	+	III	-	III	-	III	+
110	VIII	+	V	+	IV	+	IV	+	V	+	V	+
135	IX	+	VI	+	VI	+	V	+	V	+	VI	+

Tabelul 6

Clasele conventionale de rugozitate obtinute la turnarea cu modele din polistiren vopsite, cu d = 35 kg/m^3, X_v = 1mm si X_v = 2mm, placi din OT 500 - 2 STAS 600 - 82
Conventional roughness classes resulted from casting with coated polystiren patterns having d = 35 kg/m^3, X_v = 2mm, OT 500 - 2 STAS 600 - 82 steel plates

Grosimea placii turnate, mm	Tipuri de vopsele si grosimi de pelicule									
	Nevopsit(-V)		+ V_3				+ V_4			
			1mm		2 mm		1mm		2 mm	
	R_z	TA	R_z	TA	R_z	TA	R_z	TA	R_z	TA
35	IV	+	II	-	II	-	II	-	II	-
60	V	+	II	-	II	-	II	-	II	-
85	VII	+	III	-	II	-	III	-	II	-
110	VIII	+	IV	-	IV	-	III	-	III	-
135	IX	+	V	+	IV	+	IV	+	IV	+

4a: 85 mm

4b: 60 mm

4c: 110 mm

4a: 135 mm

4b: 110 mm

4c: 135 mm

Fig. 4

Microstructuri ale secțiunilor straturilor superficiale cu aderențe (atac nital 2%, 200:1) a - modele nevopsite, plăci de 85 și 135 mm (d = 15 kg/m^3); b - modele vopsite m + V$_1$, plăci de 60 și 110 mm (d = 29 kg/m^3); c - modele vopsite m + V$_1$, plăci de 110 și 135 mm (d = 15 kg/m^3)

Section microstructure in surface layers with adherents (2% nital etching, x 200); a - uncoated patterns, b - coated patterns, d = 29 kg/m^3, c - coated patterns, d = 15 kg/m^3

BIBLIOGRAFIE

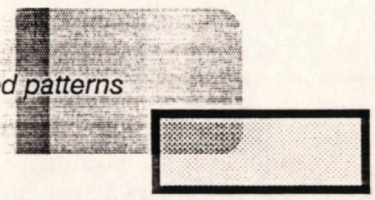
[1] **Sofroni L, Chira I. , Riposan I.** *Adaosuri oxidice in amestecurile de formare*. In: Metalurgia, 27, nr.8-9, 1975, p. 411

[2] **Sofroni L, Chira I, Riposan I.**: *Uklikate prisady Ke zlepseni povrchove jakosti litinovych a ocelovych odlitku odlvjanych do syrovych do syrovych porem*: In: Slevarenstvi, vol. XXIII, nr.5, 1975, p. 191-196.

[3]**Valisovschi I.V.** *Issledovanie nekotorâh poverhnostnâh iavlenii na granite pazdela jidkii metall-liteinoia forma*, Ed: Trudâ Tniitmas, Moscova, 1984.

[4] **Medvedev Ia.I** s.a. *Tehnologhicieskie ispâtania formovocinâh materialov*. Ed Masinostroenie, Moscova, 1983

OT 500 - 2 STAS 600 - 82



CINETICA PRIMEI ETAPE DE TRANSFORMARE BAINITICA A FONTELOR CU GRAFIT NODULAR DE TIP A.D.I.

Dr. ing. Y. C. Liu, conferentiar L. S. G. 2M École des Mines de Nancy,
Dr. ing. J. M. Schissler , profesor L. S. G. 2M. École des Mines des Nancy
Dr. ing. Al. Munteanu, profesor Universitatea "Transilvania" Brasov

C. Z.: 669.15 - 196.56

Cinetica transformarii bainitice în oteluri a facut obiectul a numeroase lucrari [1] - [3], dar în literatura de specialitate sunt relativ putine informatii privind aceasta transformare, în cazul fontelor cu grafit nodular.

Se poate presupune ca modul aparte de solidificare, compozitia chimica si structura deosebita a fontelor cu grafit nodular au o mare influenta asupra cineticii reactiei bainitice si în consecinta transformarea este diferita de cea a otelurilor.

Lucrarea de fata urmareste ca, utilizând analiza dilatometrica, sa determine si în cazul acestor aliaje, larg utilizate în prezent, parametrii cineticii globale ai transformarii bainitice si influenta compozitiei chimice asupra acestor parametri.

Tehnica experimentala

Fontele sunt elaborate în conditii industriale într-un cuptor cu inductie pornindu-se de la o fonta noua de turnat. Adaugarea de otel si feroaliaje a permis sa se ajusteze compozitia de baza în carbon si în siliciu.

Tabelul 1

Compozitia chimica si duritatea fontelor în stare bruta de turnare
Chemical analysis and hardness of as cast iron qualities

Fonta	Compozitia chimica, %									Duritatea, Hv30
	C	Si	Mn	Mo	Cr	Ni	Cu	S	Mg	
A	3,46	2,71	0,06	0,01	0,043	0,20	0,058	0,008	0,058	191
B	3,40	2,35	0,55	0,026	0,047	0,92	0,049	0,004	0,063	281
C	3,60	2,63	0,28	0,01	---	0,07	0,36	0,01	0,047	232
D	3,55	2,63	0,97	0,01	---	0,05	0,36	0,008	0,042	275

Tratamentul de nodulizare este facut prin metoda "sandwich" cu un aliaj Fe-Si-Mg cu 10% Mg urmat de o inoculare în forma cu 0,3% Fe-Si- cu 75% Si. Gradul de nodulizare este superior (peste 85%). Fonta este turnata în forme crude în bare cu o sectiune φ 50 mm.

Compozitiile chimice ale diferitelor fonte elaborate si turnate sunt prezentate în tabelul 1. Structura în stare bruta este fie perlitoferitica (fonta B,C,D), fie total feritica (fonta A), iar numarul de noduli de grafit este de 190-250 noduli/mm^2 pentru toate fontele.

Epruvetele necesare analizei dilatometrice au dimensiuni de φ 4x 30 mm. Dilatometria a permis sa se puna în evidenta cu usurinta toate transformarile care sunt acompaniate de variatii de volum. Dilatometrul asigura epruvetelor regimul de racire caracteristic calirii izoterme, iar principiul lui de functionare este detaliat în lucrarea [4] elaborata de J.P. Chobaut. Încalzirea epruvetelor la 930^{0}C, în dilatometru, este asigurata de catre un cuptor de o constructie speciala care focalizeaza, asupra epruvetei, întreaga energie radiata de patru lampi cu incandescenta. Ciclul de tratament termic este controlat de catre un computer. Racirea are loc dupa 30 min si este realizata prin suflare directa asupra epruvetei a azotului sau a heliului. Cu ajutorul dilatometrului s-au putut determina timpii de incubatie si evolutia transformarii pentru diferite temperaturi de mentinere izoterma (T = 350-420^{0}C), temperaturi ce determina aparitia în fonta a unei structuri formate din ferita-bainitica si austenita îmbogatita în carbon. Duratele de mentinere la temperaturile mentionate nu depasesc duratele necesare realizarii primei etape de transformare bainitica în aliajele Fe-C-Si [2].

Rezultate si discutii

Pentru a compara cinetica de transformare bainitica s-a recurs la calculul coeficientilor de cinetica globala, estimând ca valabila ecuatia lui Johnson-Mehl.

Procesul de transformare bainitica în prima etapa poate fi exprimat prin urmatoarea ecuatie:

$$\gamma \rightarrow (\alpha) + (\gamma)$$

unde: g este austenita "mama" subracita (1);

(α) - ferita aciculara bainitica;

(γ) - austenita îmbogatita în carbon si stabilizata.

Fractia transformata X(t) poate fi definita apelând la oricare din fazele participante la reactie. Alegând de exemplu proportia de ferita formata sau de austenita ramasa, expresia fractiei transformate devine:

$X(t) = \%\alpha(t)/\%\alpha_f$ (2) pentru ferita sau

$X(t) = (\%\gamma_0 - \%\gamma t)/\%\gamma_0$ (3) pentru austenita "mama"

unde indicii "0", "t" si "f" reprezinta diferitele momente ale reactiei; începutul 0, un moment oarecare t si sfârsitul f.

In principiu, viteza de transformare exprimata prin dX/dt se poate masura urmarind variatia în timp a cantitatii de ferita sau austenita. Intrucât masuratorile metalografice cantitative sunt mai putin precise, s-a recurs la determinarea indirecta a vitezei, prin intermediul evolutiei în timp a anumitor proprietati fizice (duritatea [5], densitatea, rezistivitatea sau permeabilitatea magnetica).

In aceasta lucrare, adoptându-se ca metoda de studiu analiza dilatometrica, cinetica transformarii a fost considerata ca dependenta de modificarile densitatii (volumul specific).

Analiza curbelor termodilatometrice ale reactiei bainitice

S-a inregistrat variatia de lungime a unei epruvete care, austenitizata initial, sufera transformarea bainitica la o anumita temperatura, în functie de timp.

Trebuie precizat ca apectul curbei da doar evolutia globala a transformarii, ca ea nu poate separa diferitele fenomene intime care asigura desfasurarea în sine a procesului, fenomene ce de fapt au loc în mod simultan.

Studiul cineticii transformarii izoterme a fost efectuat dupa principiul conform caruia, pentru o temperatura de mentinere izoterma data, avansarea reactiei este proportionala cu dilatarea observata. Se poate deci defini fractia de austenita "mama" transformata prin raportul:

$X(t) = [l(t)-l(o)]/[l(f)-l(o)]$ sau $\Delta l(t)/\Delta l_{max}$ (4)

unde $\Delta l(t)$ este dilatarea înregistrata la timpul t si Δl_{max} este dilatarea maxima înregistrata atunci când reactia se considera încheiata.

Se estimeaza ca încetarea dilatarii corespunde sfârsitului transformarii, ceea ce nu este exact. În realitate, dupa prima etapa marcata printr-o variatie de volum neta, vizibila, se intra într-o a doua, aceea a descompunerii austenitei stabilizate în ferita si carburi, etapa care prezinta variatii de volum nesemnificative.

Viteza de transformare este deci, în cazul primei etape proportionala cu viteza de variatie a dilatarii. Cu alte cuvinte:

$V(t) = dX/dt = 1/\Delta l_{max} * dl/dt$ (5)

In literatura de specialitate si de o maniera generala, transformarile cu difuzie în metale si aliaje se desfasoara prin germinare si crestere ducând la curbe de variatie X(t) caracterizate printr-o forma sigmoidala.

Figura 1 prezinta spre exemplu curbele dilatometrice obtinute în timpul mentinerii temperaturilor la 380°C pentru fontele A,B si

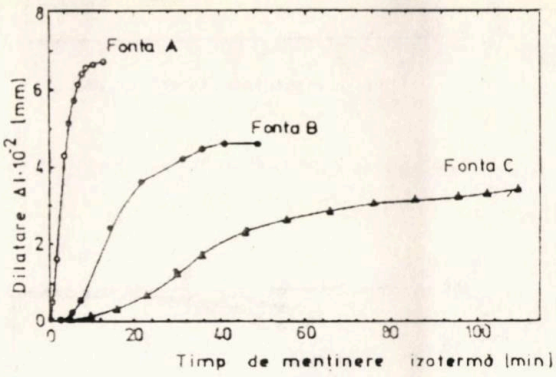


Fig. 1

Evolutia dilatarii în cursul transformarii bainitice la 380°C pentru fontele B si C

Expansion development during bainitic transformation at 380°C for B, C cast iron

C. Aspectul lor sigmoidal este similar celui obtinut de catre alti autori [1],[2],[4]. Amplitudinea dilatarii maxime depinde de compozitia chimica a fontei analizate.

Pentru o temperatura data, dilatarea maxima este cu atât mai mica cu cât fonta este mai aliata (fonta B). Diminuarea ponderii elementelor de aliere micsoreaza cantitatea de ferita bainitica aparuta ceea ce corespunde unei mai scazute dilatari. Fontele A si C (nealiate si slab aliate) au o viteza de reactie mai mare ca celelalte fonte traducându-se prin obtinerea unei dilatari maxime într-un timp mai scurt.

Figura 2 prezinta evolutia în timp a fractiei transformate X(t) pentru diferite temperaturi folosind relatia (4). Cinetica transformarii bainitice la diferite temperaturi de mentinere arata ca la temperaturi ridicate ale intervalului viteza de transformare este mai mare.

Influenta elementelor de aliere asupra cineticii de transformare bainitica este bine reprezentata în figura 3.

Se poate constata ca atunci când continutul de mangan si nichel creste (fontele B si D), curbele X(t) se deplaseaza spre dreapta si, dat fiind faptul ca panta curbelor se micsoreaza, viteza de transformare descreste.

Aceste curbe arata ca pentru o durata de mentinere identica fractia de austenita transformata este cu atât mai mica cu cât fonta este mai aliata.

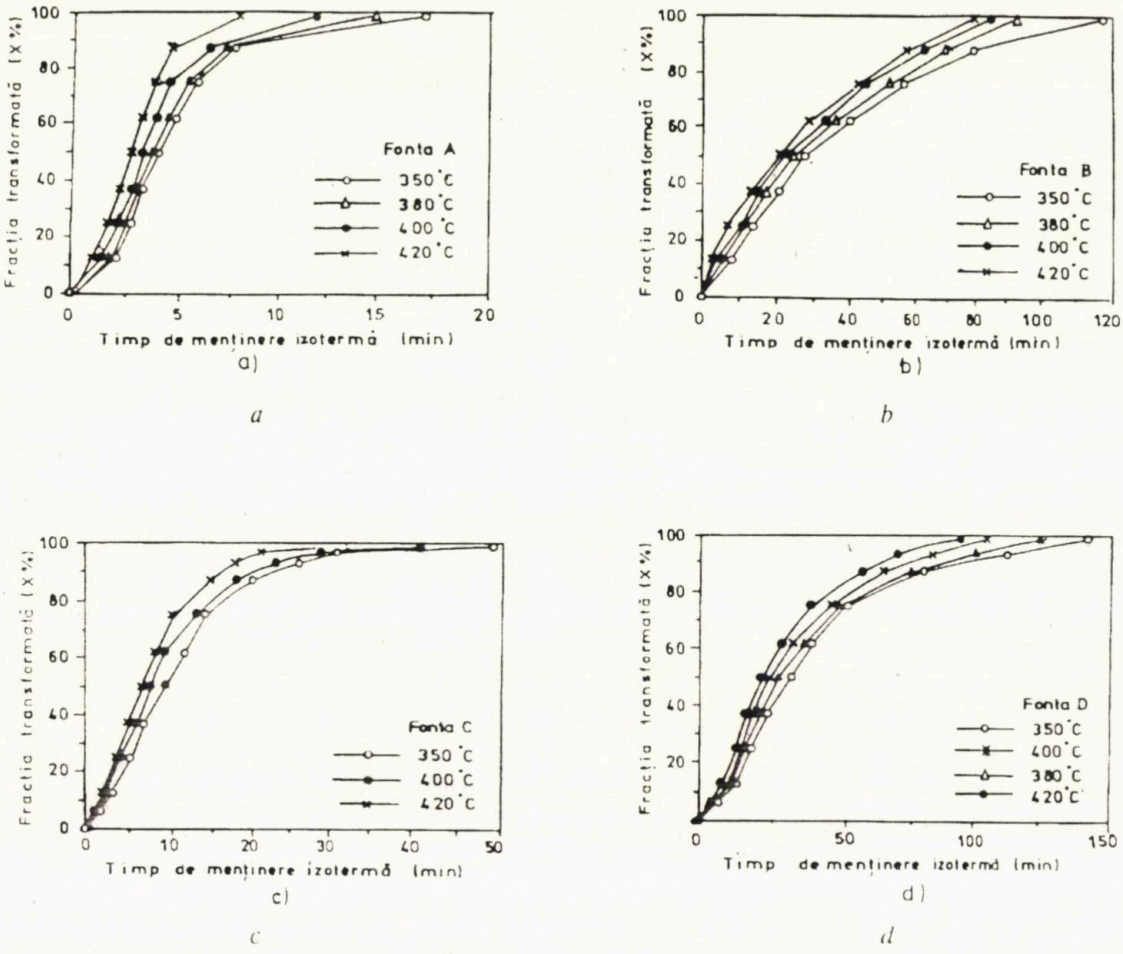


Fig. 2

Evolutia fractiei transformate pentru fontele A, B, Csi D la diferite temperaturi de mentinere izoterma
Bainite fraction development for A, B, C and D cast irons for various temperatures of isothermal holding

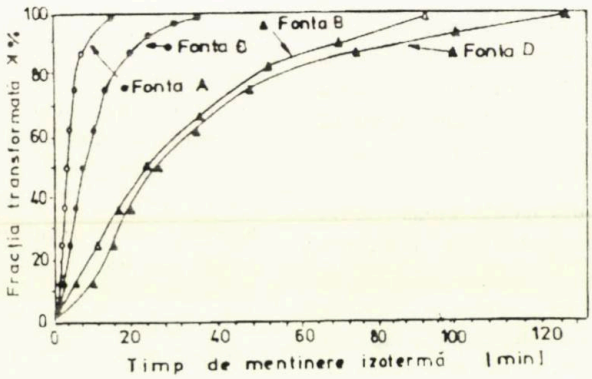


Fig. 3

Influenta elementelor de aliere asupra cinetici transformarii bainitice la 380°C
The influence of alloying elements on bainitic transformation kinetics at 380°C

Comparând cinetica fontei C si D, se constata cu usurinta influenta manganului asupra cineticii transformarii bainitice. Trebuie sa se precizeze însa ca, în fonta aliata, actiunea cumulata a Mn, Ni si Cu este mai importanta decât actiunea unui singur element.

Este sigur ca diferenta în aspectul acestor curbe este direct legata de eterogenitatile interne la nivelul celulelor eutectice de solidificare. S-a observat ca partea accelerata a curbelor corespunde unei germinari si cresteri rapide, iar ultima parte mai lenta rezulta din reactia bainitica din zonele situate la limita celulelor eutectice.

Elementele de aliere ca manganul si nichelul diminueaza viteza de difuzie a carbonului în austenita si încetinesc germinarea si cresterea feritei deoarece panta în zona accelerata a curbelor este cu atât mai mica cu cât fonta este mai aliata.

Calculul parametrilor cinetici ai transformarii bainitice

Analiza numai a apectului curbelor $X = f(t)$ pentru diferite temperaturi de mentinere nu este suficienta studiului cineticii transformarii.

Este necesar ca pe baza acestor curbe sa se calculeze coeficientii cineticii globale ai fontei grafit nodular în cursul transformarii si energia de activare a acestei transformari. S-a constatat ca aspectul curbelor $x = f(t)$ este sigmoidal, ceea ce a determinat adoptarea pentru a modela transformarea unei relatii de tip Johnson-Mehl:

$$X(t) = 1-\exp[-(kt)^n] \qquad (6)$$

In aceasta expresie coeficientii **n** si **k** sunt coeficientii cineticii globale. Se spune despre acesti coeficienti ca sunt globali pentru ca ei nu reflecta fenomenele interne ce se desfasoara în mod simultan (difuzia atomilor de carbon, fier si elemente de aliere, modificarea numarului de defecte si reactiile la interfata ferita-austenita care caracterizeaza transformarea bainitica). Fiecare din aceste fenomene ar putea sa fie descrise, apelându-se la tehnici specifice, de coeficienti cinetici proprii.

Pentru obtinerea coeficientilor se liniarizeaza relatia lui Johnson-Mehl:

$$\log[-\log(1-x)] = (n^*\log k + \log^*\log e) + n^*\log t \qquad (7)$$

Valorile $\log[-\log(1-x)]$ obtinute experimental au fost reprezentate în functie de logt pentru toate fontele analizate.

Un studiu rapid al figurii 4.a arata ca transformata liniara a ecuatiei **Johnson-Mehl** prezinta, pentru toate temperaturile analizate, doua portiuni cu panta diferita.

In cazul fontelor B,C si D s-au obtinut transformate cu o panta unica (fig. 4.b) si întrucât panta acestor drepte este exponentul **n**, exponent dependent de procesul de germinare si crestere, se poate afirma ca transformarea bainitica a fontelor cu grafit nodular nealiate este diferita de a fontelor aliate. Alierea cu mangan determina cresterea enterogenitatii compozitiei chimice, ceea ce poate estompa diferenta neta dintre cele doua stadii ce se desfasoara în mod diferit în celula eutectica, respectiv în zona intercelulara stadii care sunt marcate, în cazul fontelor nealiate, prin existenta a doi coeficienti **n**.

Valorile exponentului **n** si cele ale coeficientului vitezei de reactie **k**, pentru fontele analizate la diferite temperaturi de mentinere izoterma, sunt prezentate în tabelul 2.

Se remarca ca valorile exponentului **n** variaza si în mod nemonoton cu temperatura de mentinere, fiecare fonta fiind caracterizata prin valoarea lui medie (tab. 2).

Tabelul 2

Valorile exponentului n si cele ale coeficientului vitezei de reactie k obtinute pentru diferite temperaturi de mentinere
n index and k reaction rate values for various holding temperatures

Fonta	medie, °C	n_1	n_2	$k_1 \times 10^{-4}$, 1/s	$k_2 \times 10^{-4}$, 1/s	n
A	350	2,522	0,9845	36,68	40,85	$n_1 = 2,256$
	380	2,424	1,051	39,15	42,85	
	400	2,1679	1,098	43,8	49,142	$n_2 = 1,112$
	420	1,9106	1,405	52,23	57,867	
B	350	1,183		4,43		1,075
	380	1,152		4,95		
	400	0,925		5,75		
	420	0,982		6,42		
C	350	1,327		13,05		1,33
	380	1,368		14,51		
	400	1,253		16,43		
	420	1,371		19,05		
D	350	1,315		3,75		1,24
	380	1,254		4,32		
	400	1,218		5,00		
	420	1,168		5,8		

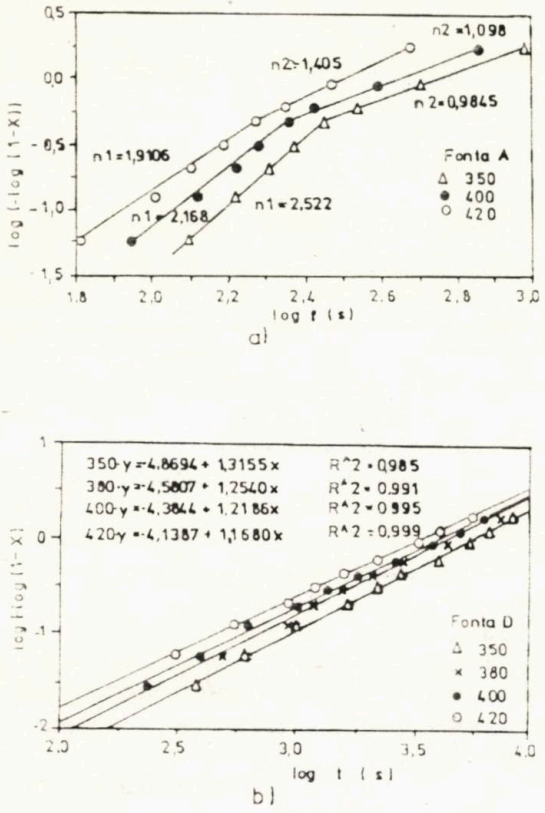


Fig. 4

Transformata liniara a ecuatiei Johnson - Mehl pentru: a) fonta A; b) fonta D

Linear transformation of Johnson - Mehl equation for: a) cast iron A; b) cast iron D

Pentru fonta A se constata ca valorile lui n_1 sunt duble valorile fata de cele ale lui n_2 si in general sunt mai mari decât cele ale fontelor aliate B,C si D.

Comparând valorile medii ale coeficientilor **n** pentru fontele B,C si D, se constata ca fonta cu grafit nodular cea mai aliata (B) este caracterizata prin cea mai mica valoare.

In toate cazurile, însa, coeficientul **n** este cuprins între 1 si 2, valori care dupa Christian [7], corespund unei germinari localizate si unei transformari controlate prin reactii ce au loc la interfata. Germinarea este în toate cazurile localizata la limitele de graunti si este urmata de un proces de crestere controlat de difuzie si de o viteza de germinare descrescatoare [8].

Studii microscopice efectuate pe durata transformarii (fig. 5) au aratat ca germinarea feritei bainitice începe la limita grauntilor de austenita sau preferential la interfata nodul de grafit-austenita.

Viteza de germinare si de crestere este influentata de eterogenitatea compozitiei chimice, fiind descrescatoare pe durata transformarii [9].

Tabelul 2 prezinta de asemenea valorile calculate ale constantei de reactie **k** pentru fontele analizate, la diferite temperaturi de mentinere cuprinse între 350 si 420^{0}C.

Se evidentiaza faptul ca acest coeficient scade deopotriva, o data cu cresterea temperaturii si o data cu cresterea continutului în elemnte de aliere.

Cresterea temperaturii de mentinere între 350 si 420^{0}C antreneaza pentru fiecare fonta o crestere a acestui coeficient cu 40-55 %. De asemenea, daca se iau ca referinta valorile lui k obtinute pentru fonta A (nealiata), fontele B si D au valori de 7-8,5 ori mai mici.

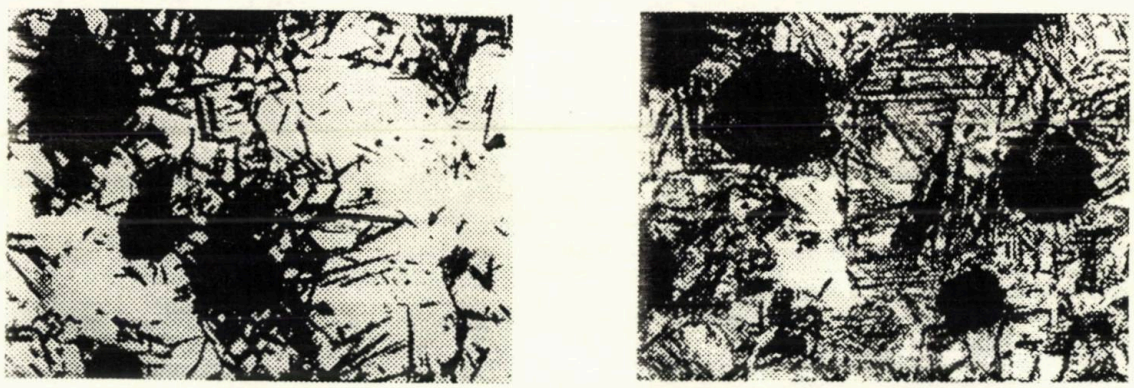
Determinarea empirica a energiei de activare

Se stie ca daca viteza de reactie creste rapid o data cu temperatura si daca intervalul de temperatura analizat nu este prea larg, variatia constantei de viteza **k** cu temperatura urmeaza o lege de tipul:

$$k = A^*\exp(Q/RT) \qquad (8)$$

unde: **k** este constanta vitezei de reactie, 1/s;

Q - energia de activare a reactiei, j/mol;



a *b*

Fig. 5

Microstructura fontei cu grafit nodular bainitica (C) la diferite momente ale transformarii: a - T = 380^{0}C; t =5 min; b - T = 380^{0}C; t = 20 min

Bainitic nodular iron microstructure (C) at certain transformation moments: a) T = 380^{0}C; t = 5 min; b) T = 380^{0}C; t = 20 min

T - temperatura absoluta, K;
R = 8,31 este constanta gazului perfect, j/mol K;
A - factorul de frecventa, 1/s.

Cu alte cuvinte se poate spune ca exista o relatie liniara între logaritmul constantei k si inversul temperaturii absolute.

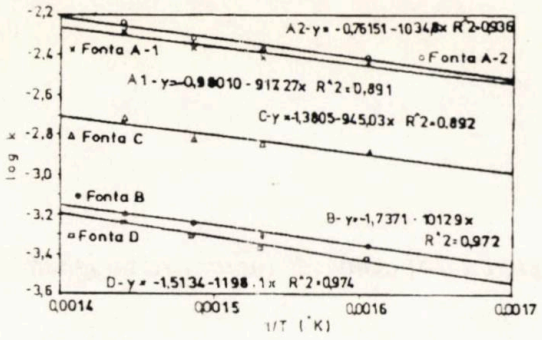


Fig. 6

Transformata liniara a ecuatiei Arrhenius pentru fontele studiate
Linear transformation of Arrhenius equation for investigated cast iron qualities

Tabelul 3

Valorile energiei de activare Q si cele ale factorului de frecventa A pentru fontele studiate
Activation energy, Q, and frequency coefficient, A, for investigated irons

Fonta	A	B	C	D
Q_1, j/mol	17563	19394	18094	22940
Q_2, j/mol	19814			
A, 1/s	A_1 = 0.1047 A_2 = 0.173	0,01832	0,0416	0,03066

Figura 6 reprezinta variatiile expresiei log k în functie de 1/T pentru toate fontele analizate. Din panta dreptelor de regresie obtinute se determina energia de activare Q si apoi factorul de frecventa A (tab. 3).

Pentru toate fontele valoarea lui Q este cuprinsa între 17000 si 23000 J/mol. Aceste valori sunt inferioare celor obtinute de Vasudevan [3], dar superioare celor comunicate de Papadimitriu [2] în cazul otelurilor aliate cu siliciu (fig. 6).

Trebuie subliniat faptul ca în cazul nostru energia de activare variaza putin în functie de compozitia chimica. Comparând valorile energiilor de activare, se poate constata însa ca energia necesara transformarii este cu atât mai mare cu cât fonta este aliata.

Cu valorile cunoscute pentru energia de activare se poate calcula constanta k pentru orice temperatura, iar apoi având valoarea parametrului n se poate modela evolutia transformarii în orice moment si la orice temperatura.

De exemplu, durata calculata pentru sfârsitul primei etape de transformare bainitica (X = 0,98) la temperatura de 380°C, pentru fontele C si D este de 31 min. respectiv 114 min. Aceste date sunt foarte aproape de valorile 35 min si 117 min, obtinute experimental, demonstrând corectitudinea metodei prezentate.

Concluzii

Acest studiu a pus în evidenta urmatoarele:

» Cinetica transformarii bainitice a fontelor cu grafit nodular în prima etapa poate fi urmarita si fidel modelata cu ajutorul unei relatii **Johnson-Mehl**.

Pentru o temperatura de mentinere izoterma cuprinsa între 350 si 420°C, valorile exponentului **n** variaza între 1 si 2,3 iar coeficientul vitezei de reactie **k** este cu atât mai mare cu cât continutul în elemente de aliere este mai mic.

» Valorile calculate ale energiei de reactie Q variaza între 17 000 si 23 000 j/mol.

Aceste valori sunt mai mici decât cele obtinute în cazul otelurilor obisnuite.

» Analiza dilatometrica poate fi utilizata numai pentru studiul avansarii transformarii bainitice, dar în prima etapa este însotita de variatii de volum nesemnificative.

» Cu ajutorul parametrilor cinetici **n** si **k** calculati se poate estima cu suficienta precizie durata mentinerii izoterme pentru desavârsirea primei etape. Cunoasterea momentului sfârsitului primei etape este deosebit de importanta întrucât intrarea în cea de-a doua etapa de transformare este însotita de o scadere a tenacitatii fontei, scadere datorata descompunerii austenitei în ferita si carburi.

» Elemente de aliere Mn, Ni, C diminueaza viteza de transformare, cea mai mare influenta având-o manganul.

BIBLIOGRAFIE

[1] **J.M. Schissler:** Teza de doctorat, Nancy, 1972
[2] **G.D. Papadimitriu:** Teza de doctorat, Nancy, 1973
[3] **P. Vasudevan:** J. Iron and Steel Inst, dec. 1958
[4] **J.P. Chobaut:** Texa de doctorat d'INPL, 1987
[5] **Al.Munteanu:** A.T.T.T. - Gand- Belgia PYC Edision, 1993 pag. 63
[6] **W.A. Johnson, R.T. Mehl:** Trans AIME, vol.123,139, 426

[7] **T.W.Christian:** Teory of Transf. in Metals and Alloys, Pergamon Press, 1965
[8] **S.F. Hubert**: Journ. of British Ceramic Soc., vol.11, 1969
[9] **J.M. Schissler** s. a .:Proceeding of 1991 World Conference on ADI
[10] **J. Burke :** La Cinetique des Changement de Phase dans les Métaux- Paris 1968

SCURTE STIRI

Bolsakov, V.I.s.a.

Distributia periferica a încarcaturii în furnalele cu dispozitive de încarcare cu jgheab

In: Stal, Federatia Rusa, 1993, nr.2, p.11-14

Se prezinta avantajele distributiei periferice a încarcaturii în furnalele cu dispozitive de încarcare cu jgheab, obtinându-se astfel o scadere a consumului specific de cocs.

Notâci, A.G.

Sistemul ecologic al industriei otelului si directiile de baza ale îmbunatatirii acestuia în C.S.I.

In: Stal, Federatia Rusa, 1993, nr.2, p.31-32

In articol se prezinta masurile care se iau în vederea reducerii emanatiilor nocive, legate de economisirea de energie s.a.
In intreprinderile siderurgice din C.S.I., la elaborarea otelului procentul emanatiilor de substante nocive în atmosfera si bazinele de apa este de 15 si respectiv 10% din totalul emanatiilor.

Kuznetov, G.I. si Kortel, A.A.

Realizarea de noi materiale refractare pentru otelarii si organizarea productiei acestora

In: Stal, Federatia Rusa, 1993, nr.2, p.30-31

Institutul de refractare din Petesburg a realizat baza stiintifica si normativa pentru organizarea productiei de refractare cu eficienta ridicata, necesara proceselor metalurgice moderne.

Mirenskii, I.G., Alekseev, In.G. si Kalosa, G.A.

Utilizarea dispozitivelor de preformare pe suporti pendulari la fabricarea cordului metalic

In: Stal, Federatia Rusa,1993, nr.2, p.65-68

Utilizarea unor dispozitive noi de preformare pe suporti pendulari la executarea cordului metalic tip 9L15/27 permite micsorarea tensionarii dinamice a sârmelor si amplitudinea oscilatiei acestora, rezultând o micsorare a ruperii în procesul de rasucire a cordului metalic si o productivitate mare a utilajului de rasucire a cablurilor.

TENDINTELE ACTUALE ÎN MODERNIZAREA INSTALATIILOR DE COACERE A PRODUSELOR CARBONICE

Ing. Augustin Semenescu, sef lucrari - Universitatea "Politehnica" Bucuresti
Dr.ing. Iulian Oprescu, profesor - Universitatea "Politehnica" Bucuresti
Dr.ing. Ioan Vârcolacu, profesor - Universitatea "Politehnica" Bucuresti
Dr.ing. Cezar Balescu, conferentiar - Universitatea "Politehnica" Bucuresti
Ing. Vasile Mirea, sef lucrari - Universitatea "Politehnica" Bucuresti

C.Z.: 669.183.212.3

Directii de modernizare

Obtinerea de produse carbonice, în particular de electrozi siderurgici, cu caracteristici mecanice si electrice corespunzatoare, are un impact tehnologic si economic major asupra productiei siderurgice, în special prin nivelul consumurilor specifice ale acestor produse.

Dintre operatiile fluxului tehnologic de fabricatie a produselor carbonice, operatia de coacere are un rol determinant în realizarea proceselor fizico-chimice care concura la stabilirea proprietatilor structurale, de rezistenta, electrice si de suprafata la valori în domenii admisibile, care caracterizeaza calitatea produsului.

Ca urmare, modernizarea acestei operatii, în sensul obtinerii de performante cât mai ridicate, mai exact de produse de calitate cu consumuri specifice minime, în conditii de exploatare corecte (productie orara cât mai mare si grad de poluare cât mai redus), reprezinta o tendinta de actualitate în prelucrarea si exploatarea instalatiilor de coacere.

Principalele directii actuale de modernizare sunt urmatoarele:

» *îmbunatatirea constructiva a cuptoarelor de coacere (continue si discontinue), plecând de la modificari constructive care sa permita un regim termic si, în special, gazodinamic mai bun, pâna la solutii constructive noi, mai eficiente în exploatare;*

» *îmbunatatirea conducerii procesului de coacere, în sensul mentinerii cuptoarelor într-un regim stationar perturbat cu frecventa minima, regim care asigura realizarea diagramei de coacere care confera produselor calitatea necesara; pentru aceasta, de mare actualitate este cresterea gradului de automatizare a instalatiilor, începând cu controlul automat al variabilelor si ajungând la conducerea complexa (cu calculator) si chiar optimala;*

» *modernizarea fluxurilor tehnologice ale instalatiilor, în special în ceea ce priveste pregatirea materialului de împachetare si transportul fara pierderi si nepoluant al acestuia;*

» *modernizarea operatiilor de transport al produselor de mari dimensiuni (electrozi), prin mecanizarea specifica a operatiilor de încarcare - descarcare, transport propriu-zis etc.*

Modernizarea constructiva a cuptoarelor de coacere

In operatia de coacere, realizarea unei încalziri cu un gradient prescris si cu abateri minime este o conditie obligatorie obtinerii unui produs de calitate, atât la produsele amorfe, cât si la produsele care ulterior se vor supune operatiei de grafitare. Se precizeaza ca o abatere relativ mica (1-2^{0}C/h) a gradientului de temperatura în perioada degajarii de volatile din produs (250-500^{0}C) poate duce la cresterea, inacceptabila tehnic, a volatilelor.

Privit din acest punct de vedere, cuptorul continuu cu capace destinat coacerii produselor carbonice si devenit clasic prezinta dezavantaje importante si care-l fac în prezent, în formula constructiva cunoscuta, inacceptabil exigentelor actuale legate de calitate si de eliminare a rebuturilor.

Asa cum este cunoscut, cuptorul continuu cu capace (fig.1), în afara unei întretineri continue legate de etansarea sa, poate fi dirijat si reglat numai prin reglarea debitului de combustibil, pentru mentinerea temperaturii de coacere, si prin reglarea depresiunii în cuptor, pentru mentinerea nivelului de oxigen pe traseul camerelor de preîncalzire la nivelul dorit.

Reglajul temperaturii de coacere prin varierea debitului de combustibil se adreseaza practic unei camere si acest reglaj se dovedeste eficace, fara influente majore si nedorite asupra celorlalte camere aflate în ciclul de coacere.

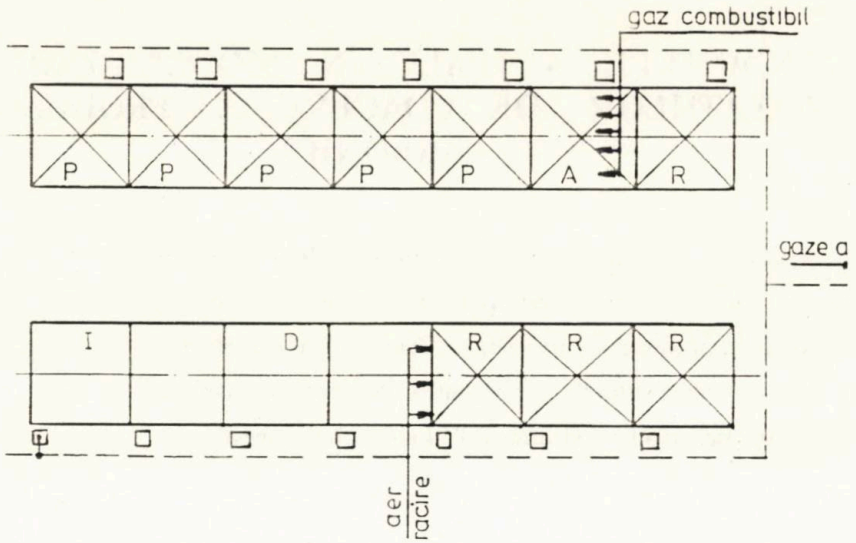


Fig. 1

Cuptor continuu cu capace: A - camera de ardere; P - camera de preincalzire; R - camera de racire; I - camera de incalzire; D camera de descarcare

Continuous furnace with lids

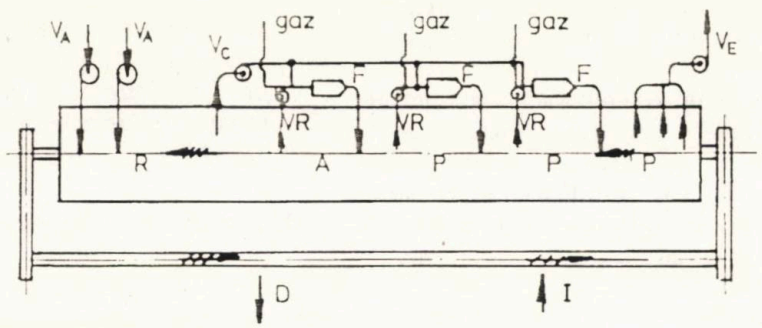


Fig. 2

Cuptor tunel de coacere: A - zona de ardere; P - zona de preincalzire; R - zona de racire; I - zona de incarcare; D - zona de descarcare; F - focar; V_E - ventilator evacuare; V_R - ventilator recirculare; V_A - ventilator de aer rece; V_C - vemtilator de aer cald

Tunnel baking kiln

Reglajul de presiune în cuptor, realizat prin reglarea clapei de tiraj montate pe pîpa de aspiratie a gazelor arse din cuptor, influenteaza major toate camerele aflate în ciclul de coacere, fara a avea posibilitatea individualizarii pe camere a acestei influente si din acest motiv acest reglaj functioneaza adesea decompensat.

Având în vedere aceste dificultati întâmpinate în conducerea cuptorului, tehnicienii s-au concentrat pentru gasirea de solutii compensatoare care au constat în principal din etansarea sporita a cuptorului si adaugarea de rampe de ardere suplimentare.

Daca cresterea gradului de etansare a avut rezultate pozitive, micsorându-se cantitatea de aer fals aspirat, suplimentarea cu rampe de ardere a avut ca efect numai cresterea consumului de combustibil, inconvenientele semnalate pastrându-se practic integral.

In aceasta situatie, s-a apelat la un nou tip de agregat, la care se poate realiza mentinerea sub supravegherea si dirijarea stricta a variatiilor termice în fiecare zona, la cuptorul tunel amendat în functie de necesitatile deja expuse.

Astfel, produsele supuse coacerii au fost încarcate pe vagoneti (vetre mobile) care strabat succesiv zone de temperatura din incinta cuptorului, reglate adecvat.

In realizarea acestui nou tip de agregat a fost necesara solutionarea urmatoarelor probleme:

» controlarea termica si a compozitiei gazelor arse în fiecare zona a cuptorului;

» realizarea încarcarii stabile pe vagonet a produselor destinate coacerii, având în vedere ca acestea se pot trata termic numai împachetate în cocs marunt. Impachetarea confera produselor supuse coacerii integritate si acuratete dimensionala.

In solutionarea primei probleme s-a pornit de la cuptoarele tunel clasice, pastrându-se modul de ciculatie globala a fluidelor de racire si preîncalzire, la care s-au grefat solutiile cunoscute la cuptoarele discontinue de coacere, de ardere a volatilelor degajate si de individualizare a zonelor termice pe întreaga lungime a cuptorului (fig.2).

Astfel, pentru fiecare zona extinsa pe lungimea cuptorului, care asigura un ecart de temperatura cuprins între 10 si 100^{0}C, în functie de nivelul de temperatura al momentului de tratament, s-au conceput si realizat incineratoare de volatile prin care se trec gazele obtinute din zonele cuptorului tunel si care dupa transformarea acestora în gaze arse se reintroduc în zona de temperatura a cuptorului adecvate din punct de vedere termic.

In acest mod si printr-un reglaj automat de temperatura se controleaza strict temperatura din fiecare zona a cuptorului, realizându-se astfel curba de coacere preserisa, fara abateri majore de la cerintele tehnologice, obtinându-se un produs de calitate si fara rebuturi.

Solutionarea celei de-a doua probleme s-a încercat sa se realizeze pe doua cai:

» *prin realizarea unor camere cu alveole asemanatoare cuptoarelor continue cu capace, clasice;*

» *prin introducerea fiecarui produs supus coacerii în casete metalice stivuite corespunzator pe vagonetii cuptorului tunel.*

Desi excelenta din punct de vedere tehnologic (realizarea oricarei temperaturi de coacere impuse), prima solutie prezinta neajunsuri legate de stabilitatea încarcaturii ce se poate desface în timpul trecerii prin cuptor, compromitând astfel întregul proces de coacere.

Varianta a doua, care s-a si extins, are totusi dezavantaje legate de creearea unei gospodarii de casete metalice si de limitarea temperaturii de coacere la cca 800^{0}C, temperatura care în cazul produselor amorfe se dovedeste a fi insuficienta.

Modernizarea conducerii instalatiilor de coacere

Cuptoarele de coacere se caracterizeaza printr-un regim termic si un regim gazodinamic, cele doua regimuri fiind interdependente, în special la cuptorul continuu inelar.

Cercetarile efectuate au pus în evidenta factorii de baza care conditioneaza aceste doua regimuri:

» neuniformitatea câmpului termic în camerele cuptorului, care poate duce la cresterea proportiei de electrozi cu proprietati nesatisfacatoare, ca urmare a nerealizarii în anumite zone a temperaturii si duratei de mentinere necesare pentru desavârsirea transformarilor structurale;

» degajarea incompleta a volatilelor din produse, ca urmare a necorelarii rezistentei gazodinamice a stratului de material de împachetare cu presiunea din cuptor, ceea ce poate avea ca efect diminuarea valorii proprietatilor produselor, defecte de suprafata si fracturarea acestora;

» arderea violenta, necontrolata a volatilelor, datorita excesului de oxigen în atmosfera cuptorului, ceea ce duce la perturbarea si deci dereglarea regimului termic; ardere incompleta a volatilelor, ca fenomen invers, duce la depunerea acestora sub forma de gudroane, la temperaturi sub cca 200^{0}C, pe canalul de gaze arse.

Neuniformitatea câmpului termic este un fenomen obiectiv, generat de constructia cuptorului si dimensiunile sale mari. Datorita faptului ca regimul termic se conduce dupa indicatiile termocuplurilor amplasate sub bolțile camerelor, cunoasterea distributiei câmpului termic în camere este esentiala pentru stabilirea diagramei de coacere. Pe baza masuratorilor efectuate la cuptoare continue inelare si discontinue [1] si a restrictiilor impuse de teoria procesului de coacere, s-au stabilit diagrame de coacere care asigura îndeplinirea restrictiilor de viteza de încalzire (racire), temperatura si durata de mentinere, care conditioneaza calitatea produselor, precum si metodologia generala de obtinere a acestor diagrame.

Corelatia dintre rezistenta gazodinamica a stratului de material de împachetare si regimul gazodinamic al cuptorului (presiunea din cuptor) s-a stabilit prin încercari de laborator si industriale [2], din care a rezultat ca, pentru o degajare continua si completa a volatilelor prin stratul de material de împachetare, acesta trebuie sa aiba o rezistenta minima, conferita de o granulometrie de 4...6 mm, corelata cu o depresiune minima în camera cuptorului de 20...30 N/m^2.

Modul de ardere a volatilelor degajate, în special în intervalul critic 350...550^{0}C de degajare cu debit maxim, este dependent de continutul de oxigen în atmosfera camerei cuptorului. Cercetarile industriale efectuate [3] au dus la concluzia ca arderea completa si linistita a volatilelor are loc la un continut $[O_2]_g \leq$ $\leq$ 5...6%, în aceste conditii regimul termic nefiind perturbat, iar depunerile de gudroane pe canalul de gaze arse fiind minime.

Pe baza fenomenelor analizate, s-a determinat regimul termic al cuptoarelor si deci variatia debitului de combustibil în ciclul de coacere, care asigura realizarea diagramei de coacere impuse cu consum minim de combustibil [3].

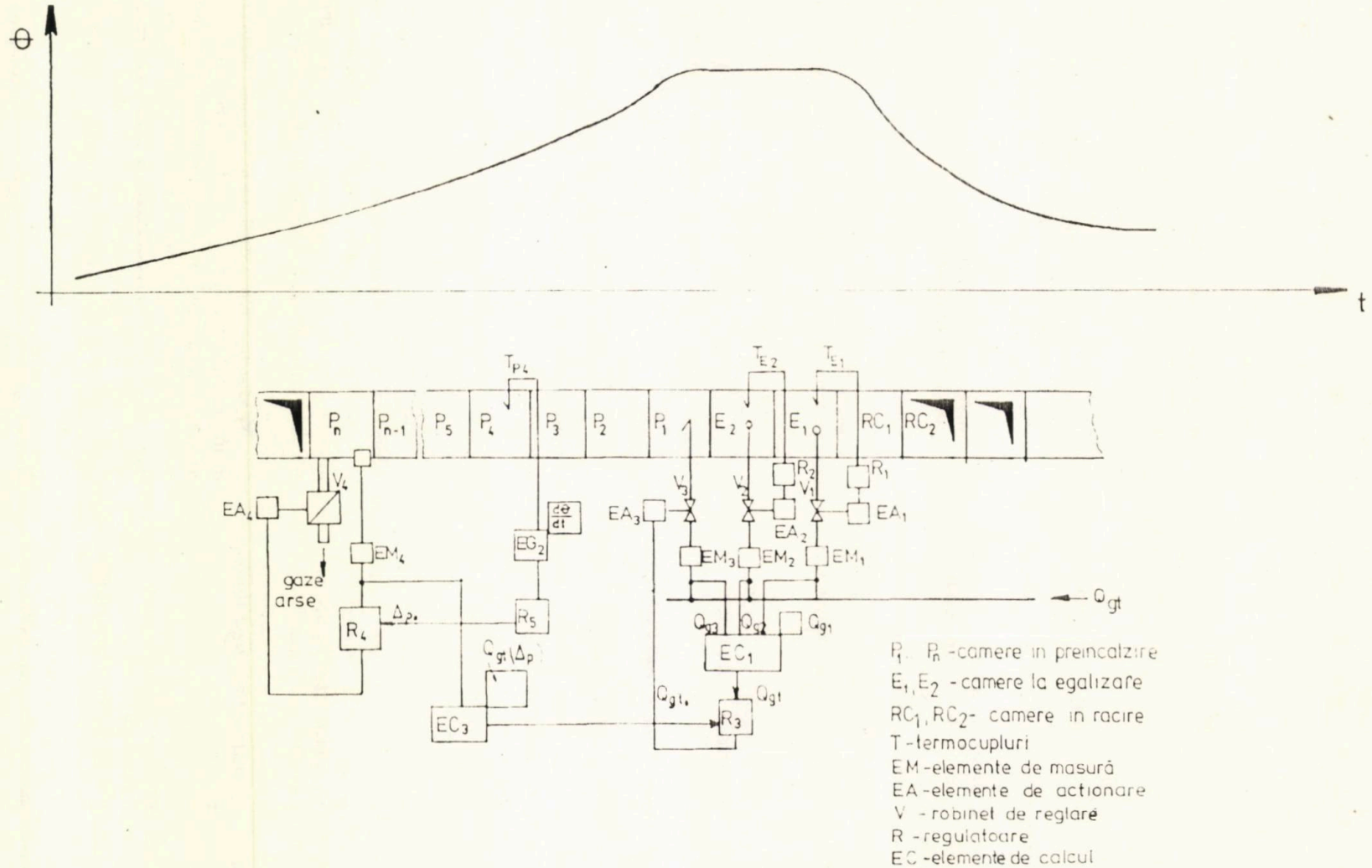


Fig. 3

Varianta de automatizare conventionala totala pentru cuptorul continuu inelar
Total conventional automation alternative for annular continuous furnace

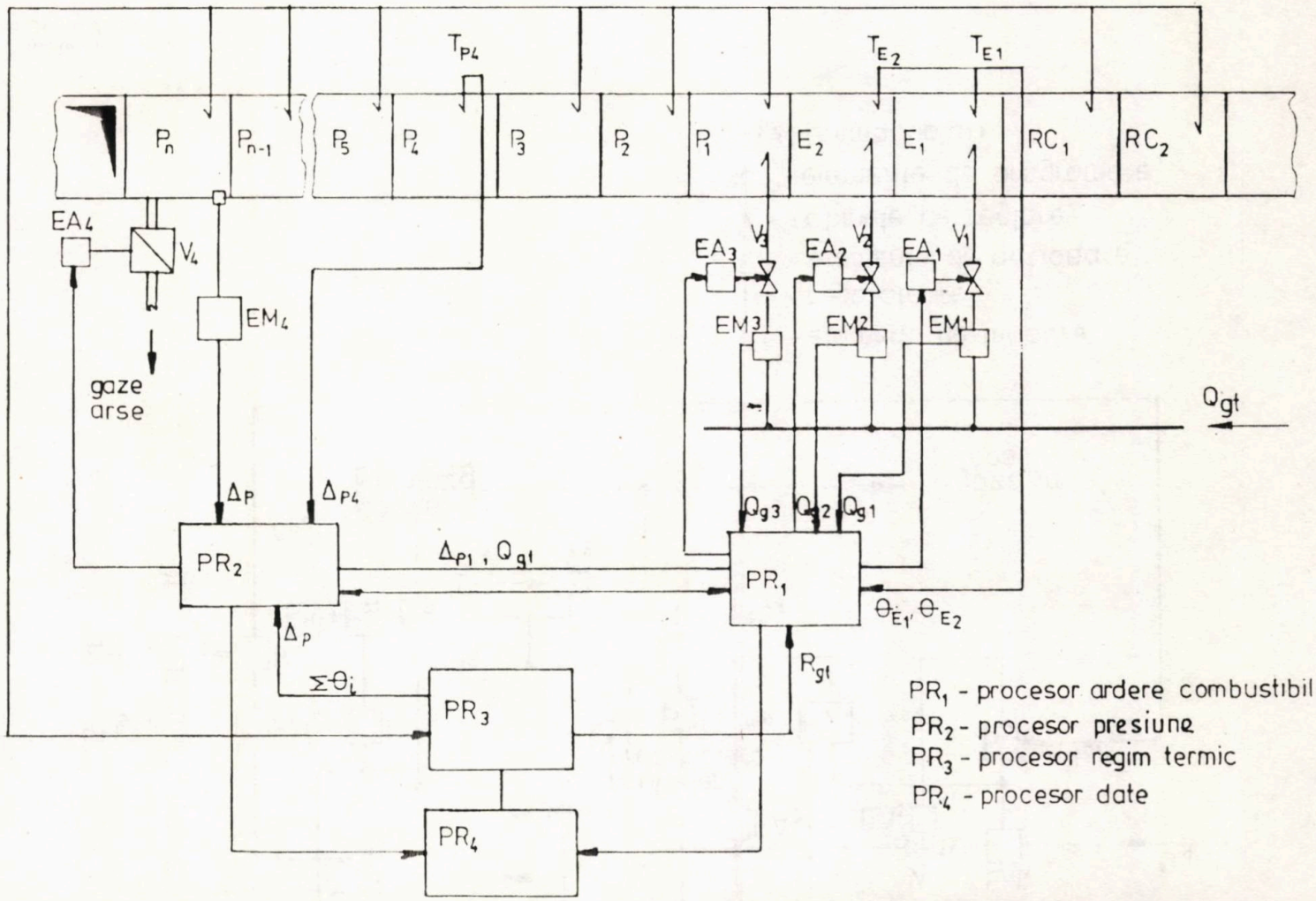
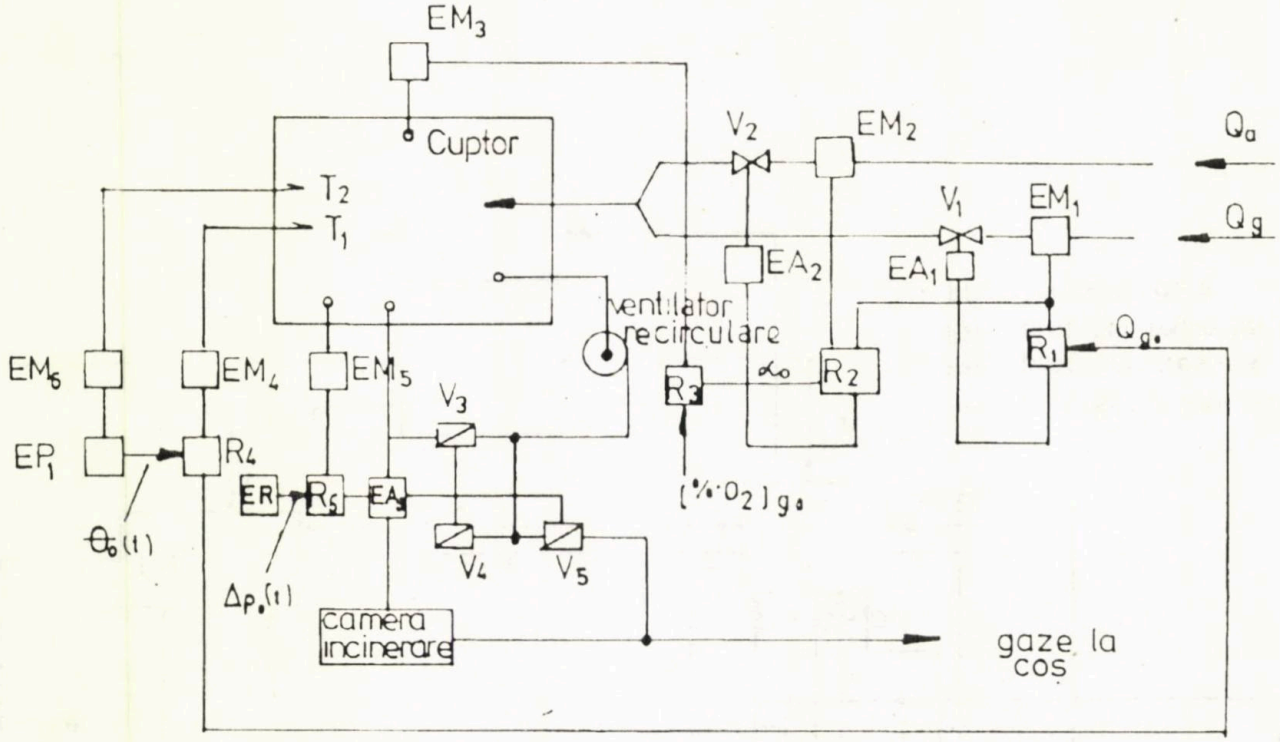


Fig. 4
Schema de principiu a conducerii complexe a instalatiei
Block diagram for complex plant control



EM - element de masura
R - regulatoare
EA - elemente de actionare
V - robinete de reglare
EP - elemente de programare
$T_{1,2}$ - termocupluri

Fig. 5

Schema de automatizare conventionala avansata
Advanced conventional automation diagram

De asemenea, pentru cuptorul continuu inelar, la care aerul de ardere a combustibilului se aspira din atmosfera ca urmare a depresiunii create în cuptor, s-a stabilit un model matematic care exprima corelatia dintre debitul de combustibil si depresiune, astfel încât în camera (camerele) de degazare, în care temperatura se gaseste în intervalul 350....550^{0}C de degajare intensa a volatilelor, continutul de oxigen în gaze sa nu depaseasca 5....6%, tinând seama si de aspiratia inerenta de aer fals [4].

Toate aceste elemente de conducere a cuptorului de coacere se transpun în modernizarea echipamentelor de control si reglare ale acestuia. Într-adevar, conducerea manuala, adesea cu un personal insuficient calificat, cu aparatura de masura minima, nu poate asigura regimul stationar de durata al cuptorului, aparând frecvente regimuri tranzitorii care în final conduc la abateri, uneori importante si de durata, de la diagrama de coacere.

Pentru cuptorul continuu inelar s-au stabilit mai multe variante de conducere, corespunzatoare unor grade diferite de automatizare.

O varianta de automatizare conventionala totala este prezentata în figura 3. Temperatura de egalizare (palierul de temperatura) în camerele E_1 si E_2 este reglata cu regulatoarele R_1 si R_2 (masurare cu termocuplurile T_{E_1}si T_{E_2}), prin debitele de gaz Q_{g_1} si Q_{g_2}.

Deoarece debitul de gaz total :

$Q_g = Q_{g_1} + Q_{g_2} + Q_{g_3}$(determinat cu elementul de calcul E C_1) este corelat cu valoarea depresunii Δ_p, orice variatie Q_{g_1} sau Q_{g_2} are ca efect o variatie corespunzatoare Q_{g_3} (în camera P_1), realizata de regulatorul R_3.

Viteza de încalzire cu camerele de degazare P_3 si P_4 este reglata cu regulatoarele R_4 si R_5 în cascada, prin varierea depresiunii Δp în cuptor. Viteza de incalzire este masurata în camera P_4 (termocuplul T_{P_4} si elementul de deviere E C_2), iar depresiunea este masurata în camera P_n si varianta cu robinetul cu clapeta V_4 de pe conducta de gaze arse.

Corelatia între debitul total de gaze si depresiunea Q_{gt} (Δp) este calculata de elementul de calcul E C_3, care transmite regulatorului R_3 valoarea de referinta Q_{gt_0}. Aceasta variaza debitul de gazQ_{g_3} (în camera P_1), astfel încât aceasta corelatie sa se mentina la orice variatie Q_{g_1}sau Q_{g_2}necesara pentru reglarea temperaturii în camerele E_1 si E_2.

Pentru controlul procesului, se înregistreaza variatia temperaturii pentru fiecare camera T(t) si cea a vitezei de încalzire v(t), ceea ce de fapt reprezinta segmente ale diagramei de coacere, care se compara cu diagrama prescrisa. De asemenea, se poate controla continutul de oxigen cu gaze $[\%O_2]_g$ în camerele de degazare, pentru ca aceasta sa nu depaseasca valoarea prescrisa datorita unei aspiratii anormale de aer fals.

Conducerea complexa a instalatiei, cu calculator, se efectueaza pe baza schemei de principiu exemplificate în figura 4. Procesoarele PR_1....PR_4 interdependente conduc procesul pe baza unui model matematic general care contine submodelele regimului termic (PR_3), arderii combustibilului (PR_1), de corelare depresiune-debit de combustibil (PR_2).

La cuptoarele de coacere discontinue, problematica generala este aceeasi, conducerea fiind mai simpla datorita faptului ca functional cuptorul este mai simplu (cuptor camera). Analiza si conducerea acestui tip de instalatie duce la o schema de automatizare conventionala avansata de tipul celei din figura 5. Debitul de combustibil Q_g este reglat cu bucla în cascada $R_4 \rightarrow R_1$ dupa consemnul programat $\theta_0(t)$ (diagrama de coacere). Debitul de aer de ardere Qg este reglat cu regulatorul de raport R_2, cu corectie în functie de continutul de oxigen în gazele de ardere (R_3). Depresiunea Δp este reglata cu bucla R_5 dupa consemnul programat $\Delta_{p_0} = f(t)$.

Modernizarea fluxurilor tehnologice

Literatura si cercetarile efectuate de autori [2] scot în evidenta importanta deosebita a calitatii materialului de împachetare pentru decurgerea si conducerea procesului de coacere.

Pentru realizarea unei degazari uniforme si continue a produselor în conditiile de depresiune minima, este necesar ca permeabilitatea materialului de împachetare sa fie maxima. Acest lucru se obtine printr-o granulometrie corespunzatoare a materialului, în clasa 4....6 mm [5].

Rezulta necesitatea clasarii granulometrice stricte a materialului proaspat si a celui utilizat (recirculat), precum si a dozarii si amestecarii corespunzatoare a acestora.

De asemenea, transportul acestor materiale, fara pierderi si în conditii de poluare minima, este de importanta primordiala.

In figura 6 se prezinta o schema de principiu de clasare granulometrica, dozare gravimetrica si transport pneumatic a materialului de împachetare, care asigura realizarea deziderateloor de mai sus, aplicabila la o instalatie de coacere cu cuptoare discontinue [6].

La instalatia cu cuptoare continue, principiul schemei ramâne acelasi.

A alta problema esentiala o constituie dezbaterea electrozilor din casete, la coacerea în cuptoare discontinue, prin a carei rezolvare (modernizare) se asigura integritatea electrozilor, prin reducerea la minimum a fracturarilor si prelungirea duratei de viata a casetelor. Prin asigurarea conditiilor analizate anterior, de evacuare continua si completa a volatilelor si utilizarea casetelor cu fante [7], [8], se realizeaza o dezbatere facila, de exemplu prin vibrare, corecta tehnologic si în conditii nepoluante.

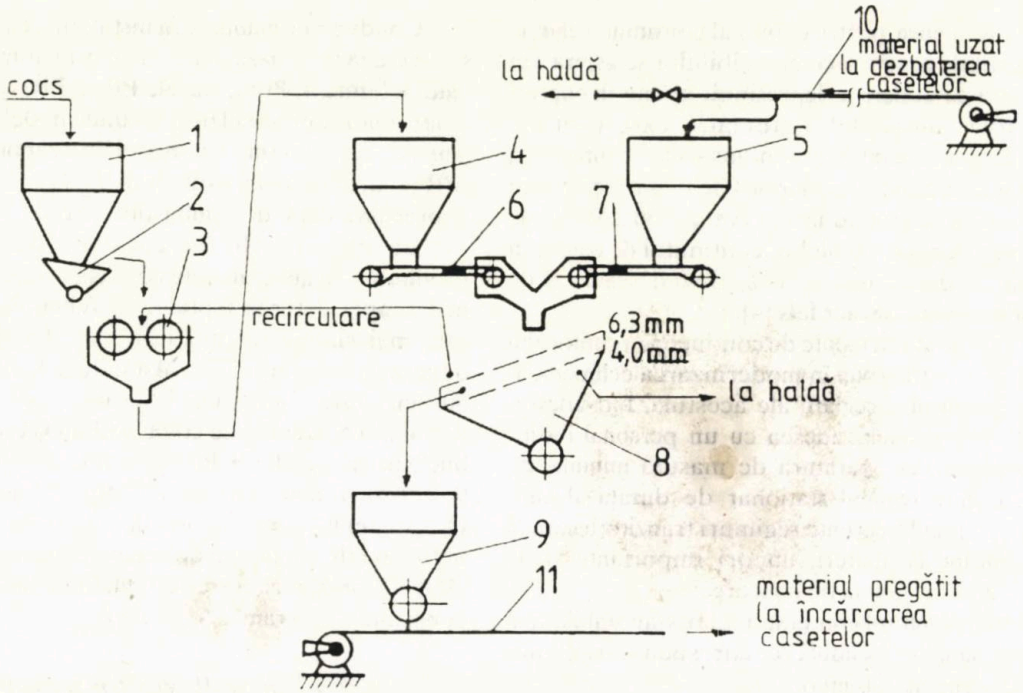


Fig. 6

Schema de principiu de clasare granulometrica, dozare gravimetrica si transport pneumatic a materialului de impachetare aplicabila unei instalatii de coacere cu cuptoare discontinue

Block diagram for grain sizing, gravity dosing and pneumatic transport of the packing material, usable on a baking plant with discontinuous furnaces

Alte modernizari, în functie de gradul de mecanizare existent al instalatiei, se pot referi la curatarea suprafetei electrozilor, transportul interoperatii etc.

BIBLIOGRAFIE

[1] **I. Oprescu, Fl. Gheorghiu, M. Georgescu:** *Temperature fields in furnace chambers, a basic factor in establishing backing conditions.* In: Light Metals, 1988,Proceedings of the 117-th TMS Annual Meeting, Phoenix, Arizona,S. U. A., 1988

[2] **I. Oprescu, A. Semenescu:** *Study on volatile matter evacuation process through the package layers in the backing furnaces of carbon electrodes.* In:Light Metals, 1992, Proceedings of the 121- th TMS Annual Meeting, San Diego, California, S. U. A., 1992

[3] **Fl.Gheorgiu, I. Oprescu:** *Unele aspecte privind interdependenta dintre parametrii functionali ai cuptoarelor continue de coacere a electrozilor carbonici.* In: Metalurgia, nr.8, 1986

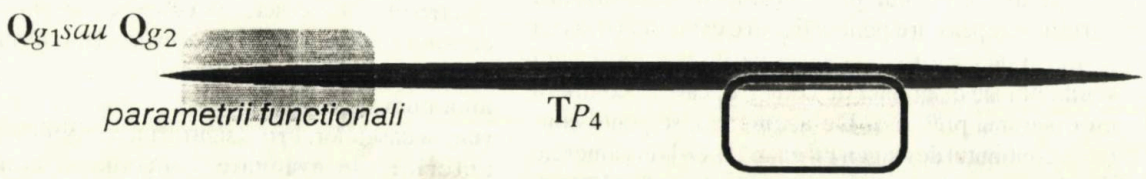
[4] **Fl. Gheorghiu, I.Oprescu:** *Presure difference - combustible flow rate corelation, a basic factor in the complex automation of backing ring furnaces for carbon electrodes.* In: Light Metals, 1987

[5] **I.Oprescu, Fl. Gheorghiu, A. Semenescu:** *Cercetari privind procesul de evacuare a volatilelor prin stratul de material de împachetare la coacerea produselor carbonice.* In: Metalurgia, nr.7, 1991

[6] **I.Oprescu, A. Semenescu:** *Marirea eficacitatii tehnice si economice la coacerea electrozilor siderurgici.* Colocviul national de tehnici interdisciplinare, Braila, 1993

[7] **I.Oprescu, Fl. Gheorghiu:** *Caseta cu fante pentru coacerea electrozilor siderurgici.* Brevet de inventie nr.95571/1988

[8] **A. Semenescu, R. Pivniceru, I. Oprescu, Fl. Gheorghiu:** *Caseta cu fante pentru coacerea electrozilor siderurgici.* Brevet de inventie nr.100388/1988



CERCETARI PRIVIND REGIMUL CROMULUI LA PREAFINAREA BAILOR METALICE ÎNALT ALIATE CU CROM

Dr. ing. Butnariu Ilie, conferentiar Universitatea "Politehnica" Bucuresti

C.Z.:621.794

Pierderile de crom în cuptorul electric depind de cantitatea de zgura si de gradul de dezoxidare a zgurii. Cu cât continutul de crom al baii metalice este mai mare, cu atât pierderile relative de crom sunt mai mari. In cadrul procedeului VOD o importanta majora are pregatirea baii metalice, deoarece de aceasta pregatire depinde în mare masura continutul final de crom si corectarea compozitiei chimice cu ferocrom afinat sau crom metalic. Pentru limitarea pierderilor de crom trebuie sa se traga zgura din cuptor si sa se evacueze otelul în oala fara zgura, iar în procedeul VOD trebuie sa se foloseasca putina zgura.

Cercetarile efectuate au luat în studiu cele doua functii tehnologice care caracterizeaza regimul cromului, si anume: arderea cromului în perioada de preafinare, a [Cr], si randamentul de asimilare a cromului în perioada de preafinare, η[Cr].

Prezenta lucrare se refera numai la arderea cromului în perioada de preafinare, considerata ca functie tehnologica de proces, ecuatia având forma:

$$Y = f(V_c, [C]_t, D_{O_2}, \theta_t, [Cr]_t, P_{O_2}, [Mn]_t, \tau_{af}, [Si]_t, [Si]_0, [Mn]_0, [Cr]_0, \theta_0) \quad (1)$$

unde y este arderea cromului a [Cr], %.

Pentru analiza acestei ecuatii s-au folosit datele din tabelele 1 si 2, precum si valorile arderii cromului calculate cu relatia:

$$a_{[Cr]} = \frac{[\%Cr]_t - [\%Cr]_0}{[\%Cr]_t} \cdot 100, \quad \% \quad (2)$$

si prezentate în tabelul 3.

In urma efectuarii calculelor s-au obtinut pentru coeficientii de corelatie partiala simpla de sondaj valorile prezentate în tabelul 4.

Din anexa 3[1] pentru $\nu = 13$ si $\alpha = 0{,}005$ s-a adoptat valoarea $t_T = 2{,}16$. Deci parametrii pentru care $t_c > t_T$ sunt $v_c, \theta_t, [Cr]_t, [Mn]_t, [Cr]_0$ si functia de proces va fi de forma:

$$Y = f(v_c, \theta_t, [Cr]_t [Mn]_t, [Cr]_0) \quad (3)$$

Pentru stabilirea ponderii de influenta a fiecarui factor asupra functiei de proces Y s-au calculat coeficientii de determinare a caror valori sunt prezentate în tabelul 5.

Rezulta ca ponderea de influenta a parametrilor tehnologici asupra arderii de crom scade în ordinea θ_t, $[Mn]_t$, v_c, $[Cr]_0$, confirmând partial datele teoretice si practice prezentate în literatura de specialitate, aspect reliefat si de diagrama de variatie a arderii cromului în functie de fiecare parametru tehnologic în parte, prezentata în figura 1.

Calculând coeficientii ecuatiei de regresie cu programul propriu stabilit, s-a obtinut urmatoarea ecuatie de regresie:

$$a_{[Cr]} = 10{,}0938 + 10{,}4863\, v_c - 0{,}0016\, \theta_t + 4{,}87741\, [Cr]_t + 0{,}99646\, [Mn]_t - 5{,}39423\, [Cr]_0 \quad (4)$$

Cu ajutorul ecuatiei de regresie s-a determinat indicele de corelatie multipla $r_{Y \cdot X_1 \cdots X_5} = 0{,}999$, aceasta valoare atesta faptul ca modelul realizat este bun si ca parametrii alesi confirma în proportie de 99,9 % variatia arderii cromului. Din analiza figurii 1, în care sunt reprezentate grafic prelucrarile statistice ale datelor, rezulta o serie de concluzii importante privind influenta diferitilor factori tehnologici asupra arderii cromului.

Un prim parametru care influenteaza arderea cromului este temperatura baii metalice la topire. Valoarea coeficientului de corelatie ($r = -0{,}592$) arata ca exista o dependenta directa între arderea cromului si temperatura la topire, iar dreapta de regresie obtinuta (2) având panta negativa atesta o scadere a arderii cromului o data cu cresterea temperaturii, confirmând astfel datele teoretice.

Asupra arderii cromului influenteaza si viteza de decarburare. Valoarea coeficientului de corelatie ($r = -0{,}526$) arata ca exista o corelatie între cei doi parametri, iar dreapta de regresie obtinuta (1) având panta negativa atesta o scadere a arderii cromului o data cu cresterea vitezei de decarburare. Valoarea coeficientului de pondere arata ca viteza de decarburare influenteaza mai putin scaderea arderii cromului decât temperatura baii metalice la topire.

Arderea cromului este influentata de continutul de crom al baii metalice la sfârsitul preafinarii. Valoarea coeficientului de corelatie ($r = -0{,}515$) arata ca exista o corelatie între cei doi parametri, iar dreapta de regresie obtinuta (5) având panta negativa atesta o scadere a arderii cromului o data cu cresterea continutului de crom la oprirea preafinarii.

Tabelul 1

Parametru Nr. sarja	$[C]_t$, %	$[Si]_t$, %	$[Mn]_t$, %	$[Cr]_t$, %	$\Delta[C]_t$, %	$[Si]_0$, %	$[Mn]_0$, %	$[Cr]_0$, %	Θ_i, °C	Θ_f, °C	D_{O_2}, $Nm^3/t.min$	P_{O_2}, atm.	τ_{af}, min
1	1,14	0,11	1,68	18,5	0,85	0,02	0,62	16,35	1590	1750	0,734	9	37
2	1,26	0,10	1,64	18,0	0,98	0,01	0,81	16,58	1620	1780	0,799	10	33
3	0,82	0,11	1,81	19,3	0,47	0,02	0,82	17,75	1580	1780	0,533	8	42
4	1,23	0,09	1,64	18,5	1,03	0,01	1,11	17,60	1640	1800	0,768	10	35
5	0,85	0,09	1,71	19,1	0,52	0,01	0,64	16,64	1595	1740	0,567	8	43
6	1,21	0,10	1,61	17,8	1,00	0,04	0,71	16,45	1600	1755	0,690	10	36
7	1,15	0,11	1,62	17,5	0,87	0,02	0,78	16,75	1625	1760	0,897	9	30
8	0,95	0,12	1,75	19,0	0,72	0,01	0,87	17,09	1590	1750	0,679	8	42
9	0,74	0,08	1,73	20,0	0,38	0,03	1,00	17,45	1580	1750	0,456	9	37
10	0,91	0,11	1,72	18,3	0,64	0,01	0,98	17,40	1610	1785	0,692	10	32
11	0,95	0,14	1,80	18,5	0,57	0,02	1,16	15,28	1600	1700	0,756	9	30
12	0,68	0,10	1,85	19,3	0,27	0,04	0,74	17,32	1580	1745	0,417	9	34
13	1,04	0,11	1,63	17,7	0,64	0,01	1,03	16,44	1605	1750	0,702	10	29
14	1,00	0,07	1,66	18,4	0,56	0,02	0,86	16,68	1600	1710	0,731	9	29
15	1,14	0,11	1,59	18,0	0,90	0,03	0,87	16,60	1615	1740	0,784	9	35

Tabelul 2

Nr. sarja	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Vc, %C/min	0,0232	0,0297	0,0113	0,0294	0,0121	0,0278	0,0290	0,0171	0,0103	0,0200	0,0190	0,0079	0,0221	0,0193	0,0257

Tabelul 3

Nr. sarja	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
$a_{[Cr]}$, %	11,62	7,89	8,03	4,86	12,88	7,58	4,29	10,05	12,75	4,92	17,41	10,26	7,12	9,35	7,78

Tabelul 4

Coeficient de corelatie	$r_{a_{[Cr]},v_c}$	$r_{a_{[Cr]},[C]_t}$	$r_{a_{[Cr]},DO_2}$	$r_{a_{[Cr]},\theta_t}$	$r_{a_{[Cr]},[Cr]_t}$	$r_{a_{[Cr]},PO_2}$	$r_{a_{[Cr]},[Mn]_t}$	$r_{a_{[Cr]},\tau af}$	$r_{a_{[Cr]},[Si]_t}$	$r_{a_{[Cr]},[Si]_O}$	$r_{a_{[Cr]},[Mn]_O}$	$r_{a_{[Cr]},[Cr]_O}$	$r_{a_{[Cr]},\theta_C}$
Valoare	-0,526	-0,447	-0,370	-0,592	0,517	-0,458	0,526	0,203	0,201	0,161	-0,244	-0,515	0,103
t_c	2,228	1,799	1,434	2,651	2,177	1,858	2,229	0,746	0,738	0,586	0,905	2,168	0,037

Valoarea coeficientului de determinare care da ponderea de influenta arata o mai slaba influenta a continutului de crom la oprirea preafinarii decât influenta temperaturii baii metalice la topire si viteza de decarburare.

De asemenea, asupra arderii cromului influenteaza continuturile de mangan si de crom ale baii metalice la topire.

Valoarea coeficientului de corelatie (r = 0,526) arata ca exista o dependenta între arderea cromului si continutul de mangan la topire, iar dreapta de regresie obtinuta (4) având panta pozitiva atesta o scadere a arderii cromului o data cu scaderea continutului de $[Mn]_t$.

Valoarea coeficientului de corelatie (r = 0,517) arata ca exista o corelatie între arderea cromului si continutul de crom la topire $[Cr]_t$, iar dreapta de regresie obtinuta (3) având panta pozitiva atesta o scadere a arderii cromului o data cu scaderea continutului de crom la topire. Din analiza ponderilor de influenta rezulta ca scaderea continutului de mangan la topire influenteaza mai puternic scaderea arderii cromului decât scaderea continutului de crom la topire.

O serie de parametri tehnologici, cum ar fi: continutul de carbon la topire, debitul de oxigen insuflat, presiunea oxigenului insuflat influenteaza foarte slab arderea cromului, iar altii aproape deloc (timpul de afinare, continutul de siliciu la topire, continuturile de siliciu, mangan, crom la oprire si temperatura la oprire).

Rezulta ca în cazul otelurilor inoxidabile înalt aliate cu Cr, Ni, Ti (Mo), arderea de crom la preafinare depinde numai de continuturile unor elemente oxidabile din baia metalica ($[Cr]_t$, $[Mn]_t$) si nu de toate elementele asa cum precizeaza literatura de specialitate.

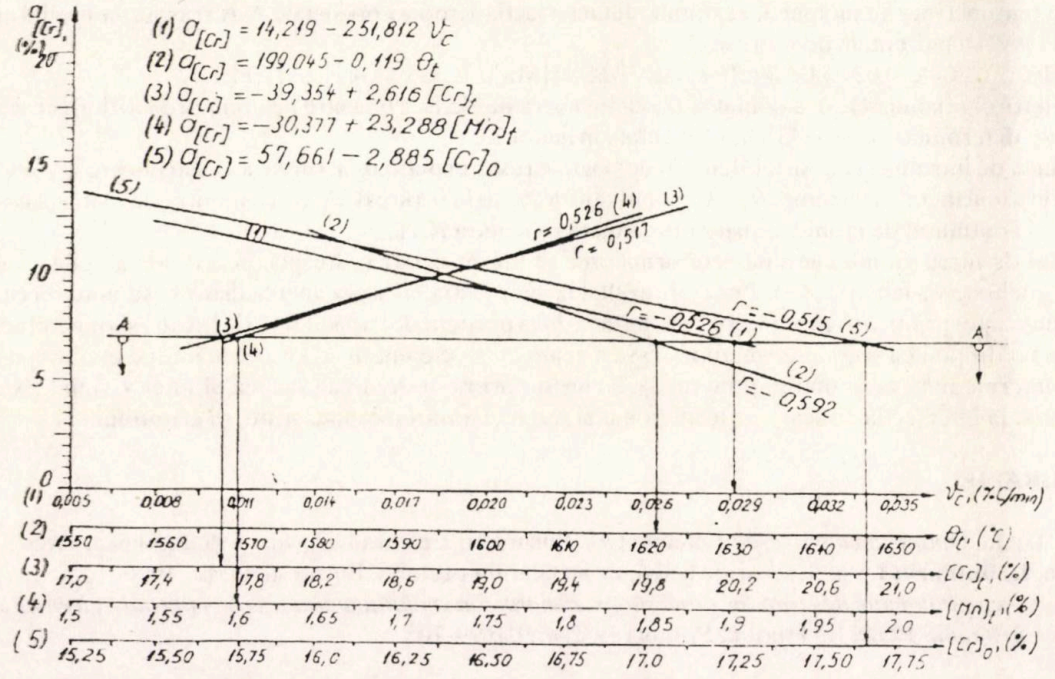


Fig. 1

Variatia arderii cromului în functie de fiecare parametru tehnologic de influenta
Chromium burning variation with each process parameter

Tabelul 5

Coeficienti de determinare	$R_{a[Cr],v_c}$	$R_{a[Cr],\theta_1}$	$R_{a[Cr],[Cr]_t}$	$R_{a[Cr],[Mn]_t}$	$R_{a[Cr],[Cr]_0}$
Valoare	0,277	0,350	0,267	0,277	0,265

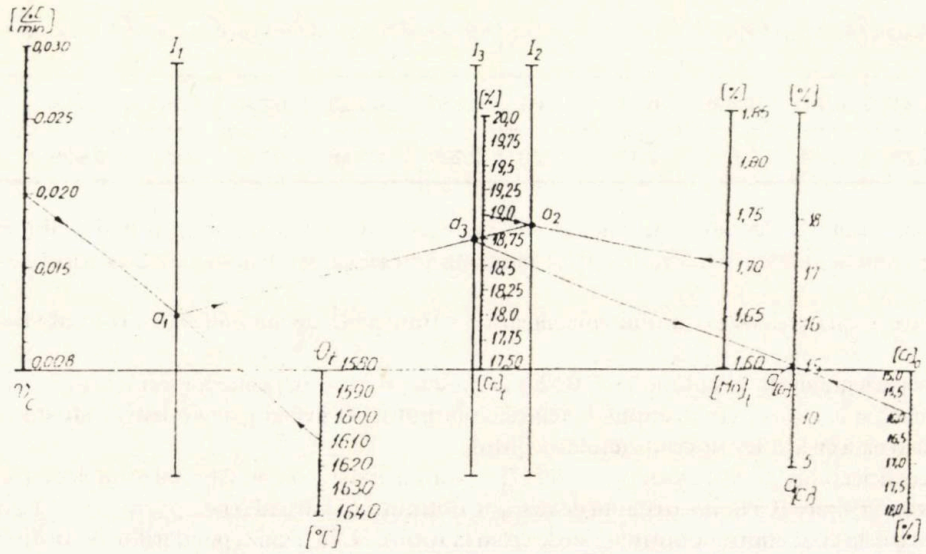


Fig. 2

Nomograma pentru determinarea arderii cromului
Nomogram for chromium burning

Pentru a obtine o ardere minima a cromului la sfârsitul preafinarii otelului inoxidabil în cuptorul electric cu arc, sub limita inferioara prevazuta de literatura de specialitate, de 7%[2],[3], în asa fel încât la evacuarea din cuptor în urma regenerarii cromului din zgura sa se realizeze arderi sub 5% similare valorilor prezentate în literatura de specialitate [3],s-au stabilit, luând în considerare reprezentarile grafice din figura 1, urmatoarele valori ale parametrilor tehnologici, rezultate din intersectia dreptei orizontale A-A trasate la nivelul arderii cromului de 7% cu dreptele de regresie:

$\theta_1 \geq 1620^0$C; $v_c \geq 0{,}029$%C/min;$[Cr]_0 \geq 17{,}65$%; $[Mn]_t \leq 1{,}6$%; $[Cr]_t \leq 17{,}70$%

Cu ajutorul relatiei (4) s-a calculat si trasat nomograma de lucru pentru determinarea arderii cromului (eroare de determinare $\varepsilon = 0{,}43$%), prezentata în figura 2.

Ordinea de introducere a variabilelor în nomograma este urmatoarea: viteza de decarburare v_c , % C/min; temperatura baii metalice la topire θ_1, ^{0}C; continutul de crom la topire $[Cr]_t$, %; continutul de mangan la topire $[Mn]_t$, % si continutul de crom la oprirea preafinarii cu oxigen $[Cr]_0$, %.

Modul de lucru cu nomograma este urmatorul: se unese printr-o dreapta, în ordinea stabilita, valorile primei perechi de variabile (v_c,θ_1). Punctul rezultat la intersectia cu scara intermediara I_1 se noteaza cu a_1.

Se unese apoi printr-o dreapta valorile celei de-a doua perechi de variabile ($[Cr]_t$,$[Mn]_t$) si punctul rezultat la intersectia dreptei cu scara intermediara I_2 se noteaza cu a_2. Se uneste a_1 cu a_2 si la intersectia dreptei a_1a_2 cu scara intermediara I_3 se obtine punctul a_3. Se uneste printr-o dreapta valoarea ultimei variabile $[Cr]_0$ cu punctul a_3 si la intersectia cu scara arderii cromului rezulta valoarea cautata a arderii cromului.

BIBLIOGRAFIE

[1] **Taloi D.**s.a.: *Optimizarea proceselor metalurgice.* Bucuresti, Editura Didactica si Pedagogica, 1983

[2] **Tripsa I., Butnariu I.** s.a. :Lucrari practice de metalurgia otelului. Bucuresti. I.P.B., 1976

[3] **Szwej H.** s.a. :*Pierderile de crom în procesul de elaborare a otelului anticoroziv în cuptoare electrice cu arc cuplate cu instalatia VOD.* In: Hutnik, Polonia 1982, nr.9, p.99-105

CERCETARI CU PRIVIRE LA IMBINAREA BARELOR PROFILATE DIN OTEL BETON (I)

Dr.ing.Victor Spiridon Landes - S.C. ICEM - S.A.

C.Z.:608

PROBLEME GENERALE

Metalurgia feroasa este orientata spre asigurarea produselor metalurgice necesare dezvoltarii celorlalte ramuri ale economiei nationale, cu preponderenta a sectoarelor industriei chimice, energetice, nuclearo-energetice si aerospatiale. In acest context s-au dezvoltat si procedeele in constructii cu un caracter deosebit al structurilor de rezistenta.

Solutiile de proiectare au impus in ultima perioada realizarea armaturilor de rezistenta pentru betonul armat din bare din otel beton cu profil periodic (tip PC) cu rezistente relativ mari ($R_{p0,2}$ egal cu 360 ... 430 kN/mm^2).

De regula pentru realizarea continuitatii acestora, îmbinarea barelor se face prin sudura.

Faptul ca numarul de îmbinari este deosebit de mare, de ordinul milioanelor, si ca aceastea cer în acelasi timp o înalta calitate (lucrari care sunt influentate si de conditiile atmosferice) a impus amplificarea cercetarilor stiintifice în acest domeniu, în vederea stabilirii unor tehnologii optime de îmbinare, care sa duca la siguranta în executie, în conditii de înalta calitate si de marire a productivitatii.

In acest domeniu se înscrie si prezenta lucrare, care, pe baza de cercetari proprii, trateaza problema îmbinarii armaturilor, în scopul obtinerii unei structuri de rezistenta cu calitati superioare.

Cercetarile proprii au rezolvat realizarea îmbinarilor barelor de armatura de tip PC (cu profil periodic) prin procedeul metalotermic într-o conceptie originala si cu solutii noi.

Pe plan mondial este practicata o asemenea tehonologie de îmbinare, dar detaliile nu sunt cunoscute, procedeul fiind protejat prin brevete.

Prin punerea la punct a tehnologiei originale românesti si prin confirmarea acesteia în urma rezultatelor experimentale obtinute, s-a evitat importul de tehnologie si know-how.

Procedeul reprezinta o noutate pe plan national prin aplicarea unei tehnici de vârf, în ceea ce priveste: modul de îmbinare, proiectarea mansonului destinat îmbinarii, elaborarea otelului ce patrunde în interstitiul dintre canelurile mansonului si nervurile elicoidale ale barelor de otel beton, unele dispozitive de lucru si testele de încercare ale îmbinarii.

Cercetarile experimentale efectuate au tinut seama de actualele tehnologii privind îmbinarile sudate, punând un accent deosebit pe problemele care privesc îmbinarea barelor profilate din otel beton prin tehnologia metalotermica, studiile finalizate în cadrul lucrarii permitând stabilirea unui calcul eficient pentru dimensionarea mansonului de îmbinare.

Pentru elaborarea otelului destinat îmbinarii, s-au folosit în încarcatura, pe lânga materialele de baza, arsura de fier si pulberea de aluminiu, o serie de feroaliaje purtatoare ale metalelor de aliere, dar si materiale cum sunt pulberea de fier si zgura, ce contribuie la reglarea efectului termic specific.

Prezenta pulberii de fier si a zgurii da o nota originala acestei tehnologii, zgura prin natura sa permitând rafinarea metalului de incluziuni nemetalice, gaze si alte impuritati daunatoare.

O nota originala prezinta de asemenea obtinerea amestecului de amorsare (amorsa) si folosirea fitilului (stupilei) pentru aprinderea acestui amestec, care la rândul.lui are rol de initiator al exploziei.

Rezultatele experimentale obtinute au stabilit mecanismul proceselor de transfer de masa si de caldura si interactiunile chimice, care au loc între componentii sistemelor studiate, procese care se petrec intensiv la suprafata de separare a fazelor, atât la elaborarea otelului destinat îmbinarii, cât si la obtinerea amestecului de amorsare,

Tehnologia stabilita privind elaborarea termitului se bazeaza pe elementele fundamentale ale echilibrului în sistemele eterogene si pe structura fazelor, pe procesele si fenomenele de difuzie, pe termodinamica si cinetica proceselor din metalurgia fizica si din teoria proceselor metalurgice.

Este de remarcat faptul ca procedeul îmbinarii barelor permite, printr-un dispozitiv proiectat si realizat pe baza de conceptie proprie, sa se execute aceste îmbinari, indiferent de înclinarea barelor profilate din otel beton (grade, minute, secunde), ceea ce nu s-a realizat înca pe plan mondial decât la îmbinari multiplu de 15^0.

Lucrarea se completeaza cu cercetari experimentale privind comportarea îmbinarilor la solicitari statice, ciclice si de fluaj (lunga durata) la întindere si compresiune si determinarea tensiunilor remanente în manson.

Experimentarile au fost realizate pe un numar de probe, obtinându-se o buna reproductibilitate a rezultatelor, confirmându-se astfel valabilitatea metodei de cercetare si functionare corespunzatoare a aparaturii de cercetare.

Rezultatul testelor privind comportarea îmbinarilor a dus la aprobarea procedeului de catre

partea canadiana, astfel încât a fost posibil ca la construcția centralei nucleare-electrice de la Cernavoda să se aplice acest nou procedeu de îmbinare a barelor profilate din otel beton la construcția chesoanelor calandrelor reactoarelor și a salilor de mașini.

In cadrul lucrării s-au făcut cercetări privind natura structurală a îmbinărilor, utilizându-se în acest scop analiza macro- și microscopică, cu microsonda electronică, cu microscopul electronic, cu microscopul de baleiaj, analiza structurală prin difracția razelor X și examinarea îmbinărilor cu X și radiații gama.

De asemenea s-au executat: simularea procesului de topire a termitului a procesului de curgere și solidificarea otelului în ansamblul manson bara.

Ca noutăți pe plan mondial, în cadrul lucrării s-au prezentat automatizarea fabricației termitului și a amestecului de amorsare, precum și o varianta de robotizare a procesului tehnologic de îmbinare.

STADIUL ACTUAL AL CERCETARILOR PRIVIND IMBINAREA BARELOR DIN OTEL BETON

Betonul armat, fiind un material care utilizează rezistența la compresiune a betonului și rezistența la întindere a otelului, are caracteristici diferite de cele ale materialelor componente [1],[2],[9].

Betonul simplu nu poate fi folosit în mod rațional (din punct de vedere tehnic și economic) decât la elemente supuse la compresiune excentrica cu excentricitate mica: el are o rupere casanta cu deformații specifice mici [2].

Armatura formata din otel moale sau semidur confera betonului armat nu numai rezistența la orice fel de solicitări (încovoiere, întindere centrica sau excentrica, compresiune excentrica cu excentricitate mare, torsiune cu încovoiere etc.) ci și ductibilitate [x)], proprietate extrem de importanta pentru anumite tipuri de structuri, cum ar fi cele antiseismice.

Asocierea betonului și armaturii este posibila datorita faptului ca aceste doua materiale au coeficienți de dilatare termica cu valori apropiate și de asemenea au caracteristici de deformație care sunt compatibile, asigurând aderența dintre ele; totodata betonul asigura protejarea armaturii contra coroziunii [1].

Studiile și cercetările efectuate au stabilit ca otelurile utilizate pentru confectionarea armaturilor din elementele structurale de beton armat în vederea obținerii unor rezultate pozitive trebuie sa se prezinte sub forma de bare din otel carbon (OB 37, PC 52, PC 60) sau sârme (STNB - sârma trasa neteda pentru beton).

- *Otelul beton OB 37* se lamineaza cu secțiune circulara și suprafața neteda; se încadreaza în clasa I, conținând între 0,15 și 0,23 % C. Ruperea acestui otel este întodeauna însotita de o alungire totala de circa 25 % deci cu deformații plastice mari, ceea ce confera structurii de rezistența însușiri favorabile de comportare în domeniul postelastic. Având rezistențe de calcul reduse și o slaba comportare cu betonul datorita suprafeței netede, acest otel se utilizeaza în prezent ca armatura constructiva (eterieri și bare de montaj).

- *Otelul beton PC 52* se lamineaza la cald cu profil periodic format din doua nervuri longitudinale și nervuri elicoidale dispuse în aceeași direcție. Se încadreaza în clasele II/III cu continut de carbon între 0,164 și 0,22 %. Având rezistența de calcul superioara otelului OB 37 și o buna conlucrare cu betonul, se utilizeaza ca armatura de rezistența [1].

- *Otelul beton PC 60* se încadreaza în clasa III și are un continut de carbon echivalent de maximum 0,50%, precum și cantități reduse de elemente de aliere ca Mn, V, care fac ca limita de elasticitate sa fie mai ridicata. Palierul de curgere este mai scurt decât la otelurile moi, iar alungirea este minim 16%. Se lamineaza la cald cu profil periodic format din doua nervuri longitudinale diametral opuse, între care sunt nervuri elicoidale îndreptate în direcții contrare. Are o rezistența de calcul superioara celorlalte oteluri beton laminate la cald. Utilizarea sa ca armatura principala de rezistența mareste eficiența economica a structurilor din beton armat și ca urmare este preferat otelului PC 52.

- *Sârma trasa neteda pentru beton - STNB* - este o sârma ecruisata cu suprafața foarte neteda, din care cauza conlucrarea cu betonul este mai slaba. Se încadreaza în categoria otelurilor semidure și prezinta capacități de deformare plastica mult mai reduse decât celelalte oteluri beton [1].

*

* *

Asigurarea continuității elementelor de rezistența este una din principalele condiții, care confera structurilor construcțiilor de orice fel, capacitatea de a prelua atât sarcinile gravitaționale, cât și pe cele seismice.

Intreruperile bruste ale continuității elementelor de rezistența sunt greșeli grave, care pot avea urmari dezastruoase asupra comportării globale a unei construcții în timpul mișcării seismice [4].

Pentru obținerea acestei continuități, în realizarea structurilor din beton armat monolit sau prefabricat îmbinările elementelor de rezistența trebuie sa fie capabile sa asigure monolitismul structurii, fara a permite deplasări relative ale elementelor care se îmbina.

[x)] In ultimii ani s-a acordat o atenție sporita unor măsuri care sa conduca la creșterea capacității de amortizare a structurii de rezistența prin folosirea capacității materialelor de a absorbi și disipa energia seismica. Astfel au apărut idei de folosire a capacității de ductibilitate a materialelor, care consta în faptul ca un material solicitat în domeniul plastic are capacități sporite de absorbire a energiei cutremurelor. Concomitent, fisurarea betonului le confera acestora o capacitate disipativa puternica și uneori folosirea lor poate deveni rațională. Ideea consta în prevederea în mod special a unor zone mai slabe în structura, astfel ca la solicitări seismice intense ele sa fisureze. Se impune ca fisurarea acestor elemente sa nu afecteze siguranța generala a structurii [3].

Continuitatea armaturilor se obtine fie prin suprapunerea (pe o lungime normata) fara sudura, fie prin sudarea acestora.

Sudarea barelor din otel beton folosite ca armatura de rezistenta sau constructiva în betonul armat si prefabricat se poate realiza prin urmatoarele procedee:

Sudarea manuala cu arc electric prin suprapunere sau cu o eclise, care se recomanda la îmbinarea barelor din otel beton având diametrul < < 25 mm (se poate aplica barelor din OB 37 si PC 52) în urmatorele variante:

» *prin suprapunerea barelor cu executia cordonului de sudura pe o singura parte, cu sau fara cusatura de racordare la cele doua capete;*

» *prin suprapunerea barelor cu executia cordonului de sudura pe ambele parti;*

» *cu o singura eclisa, având cordonul de sudura pe ambele parti;*

» *cu doua eclise, având cordoanele de sudura pe o singura parte sau ambele parti ale ecliselor.*

In lucrarea [5] se arata ca si îmbinarea armaturilor PC 60 se poate realiza prin procedeul de sudare în aceleasi variante, cu conditia executarii cordoanelor de racordare la capetele sudurii (barelor sau ecliselor). Prin acest procedeu de sudura, utilizat curent pe santierele de constructii, se pot îmbina bare din otel beton de calitati si diametre diferite. Unele cercetari arata ca armaturile din otel beton solicitate la oboseala trebuie sa fie îmbinate numai prin procedeul de sudura cu eclise egale si cu cusaturi de racordare, eclisele fiind confectionate din acelasi otel si cu aceleasi diametre ca barele îmbinate.

Sudarea manuala cap la cap cu arc electric se poate executa în urmatoarele variante:

» *sudarea în cochilie, în baia de zgura (cu si fara cusaturi longitudinale între cochilie si bare);*

» *sudarea în semimanson de cupru.*

Prima varianta se recomanda [5] sa fie aplicata la îmbinarea barelor din otel beton, cu diametrul < < 25 mm, atât în cazurile în care accesul electrodului la armaturi nu este posibil decât intr-o singura parte a îmbinarii, cât si atunci când sunt necesare îmbinari cu dimensiuni cât mai reduse în sens transversal si longitudinal.

Cea de a doua varianta poate fi utilizata la sudarea armaturilor care se executa în conditii grele (pozitii incomode, umiditate peste 70 %, dificultati în privinta reglarii curentului în timpul lucrului si altele).

Sudarea în mediu de bioxid de carbon (MAG) este un procedeu [5] semiautomat de sudare, la care metalul de adaos este sârma de sudare, antrenata automat de un mecanism de avans, iar protectia o asigura bioxidul de carbon, degajat continuu în jurul arcului de sudare. Acest procedeu poate fi aplicat la îmbinarea barelor din otel beton, sudate în pozitie orizontala, verticala sau înclinata, prin diverse variante geometrice de îmbinare (prin suprapunere, cu doua eclise egale, cu o singura eclisa, în cochilie scurta, fara cusaturi si în cochilie lunga, cu cusaturi).

Sudarea electrica prin puncte este un procedeu la care sudarea se produce prin presiune între fetele a doua piese strânse între electrozii de contact, prin care trece curentul de sudare, dirijat perpendicular pe fetele pieselor de sudat.

Procedeul se utilizeaza la confectionarea plaselor executate din sârme ecruisate (STNB) încrucisate, precum si a carcaselor, îmbinate prin noduri sudate [5].

*
* *

Otelurile de tip OB 37 si PC 52 se sudeaza bine cu oricare din procedeele de sudare electrica aratate [5].

La aceste bare, îmbinarile sudate prezinta rezistente comparabile cu sectiunile otelului de baza, daca procesul de sudare respecta cerintele unui regim optim de sudare.

Otelul PC 60 necesita masuri speciale, în cazul sudarii cu arc electric, pentru evitarea fragilizarii zonelor de sudare.

In cazul aplicarii procedeului de sudare electrica, prin topire intermediara si presiune, otelul PC 60 se sudeaza tot atât de bine ca si otelurile moi [1].

Armaturile ecruisate încalzite la temperaturi peste 400 ^{0} C îsi pierd calitatile otelului moale din care provin.

Ca urmare, sârmele de tip STNB nu se pot suda cu procedee care influenteaza termic întreaga sectiune transversala, cum este cazul sudurii cu arc electric, sudurii cap la cap cu topire intermediara sau sudurii autogene. Singurul procedeu care se poate aplica este sudarea electrica prin puncte si aceasta numai sub un regim strict controlat, caracterizat prin durata foarte scurta a procesului termic cu folosirea de curenti cu intensitate ridicata [1].

Sudura poate introduce defecte de structura, precum si concentrari de eforturi. De aceea, rezistenta la oboseala a barelor sudate este mai mica decât la barele nesudate [6].

O serie de cercetari [4],[7] arata ca deficientele procedeelor de sudare, folosite în vederea realizarii structurilor de rezistenta ale constructiilor de orice fel, trebuie avute în vedere si sub aspectul solicitarilor seismice, dat fiind faptul ca, în specificul acestor solicitari, creste sensibilitatea la concentratori de eforturi provocate de defecte.

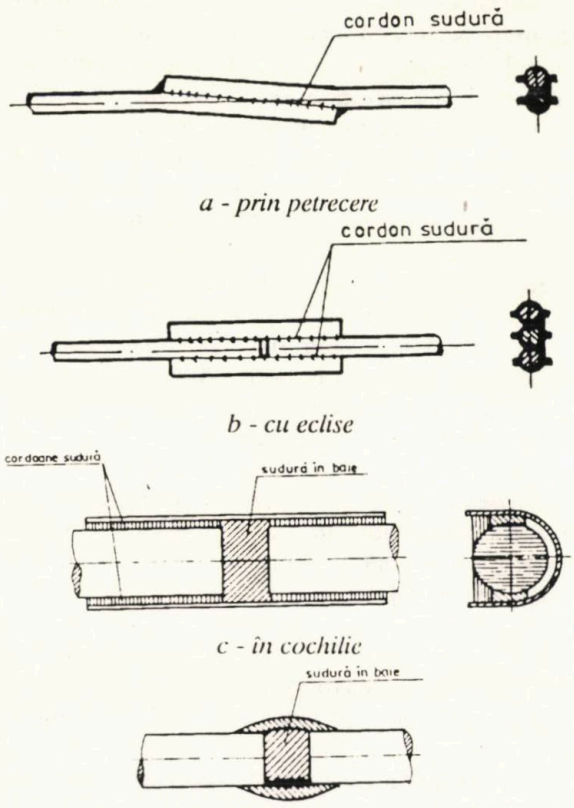


Fig. 1
Îmbinari prin sudura
Welding joints

Se remarca faptul ca executia lucrarilor de sudura a barelor din otel beton din structurile de rezistenta ale constructiilor din beton armat se executa manual, direct pe santier. In aceste conditii, sudurile sunt influentate în principal de factorul uman[x] (în functie de starea sa fizica și psihica), ca si de conditiile atmosferice [8].

In plus, fata de numarul ridicat de suduri care se executa cu viteza de executie a acestora (care impune utilizarea unui numar relativ ridicat de sudori), nu permite asigurarea unui control eficient de calitate.

Se mentioneaza faptul ca normativele în vigoare prevad executia sudurilor pentru otelurile beton PC 52, PC 60 si PC 90 numai la temperaturi de minimum 0^{0} C.

In unele conditii, îmbinarile barelor de otel beton se executa si prin suprapunere fara sudura si au avantajul unei executii rapide, dar si unele dezavantaje tehnice si economice.

Din punct de vedere tehnic, acest procedeu [1] de îmbinare a armaturilor din stâlpii constructiilor etajate prezinta o sensibilitate deosebita fie datorita coincidentei cu zona costurilor de turnare a

[x] Chiar sudurile executate de acelasi sudor nu au calitati uniforme [8]

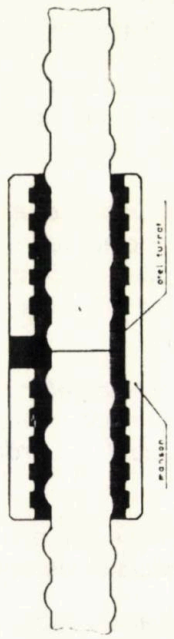


Fig. 2
Îmbinare prin metalotermie
Metallothermal joints

betonului, fie datorita plasarii lor în sectiuni de solicitari maxime (la baza stâlpilor).

Lungimea de îmbinare prin suprapunere, care se ia mai mare decât lungimea de ancorare în beton a armaturilor cu pâna la 70 %, precum si armatura transversala (etrieri sau freta) din aceasta zona, care se sporeste pentru a asigura o comportare ductila a elementtului la rupere [1], duc la un consum suplimentar de metal, care se apreciaza la mii de tone anual si aceasta într-o etapa în care reducerea consumului de otel este o necesitate pentru economia nationala.

$$\begin{matrix} & x & \\ x & & x \end{matrix}$$

In figura 1 se prezinta unele variante de îmbinare prin sudura a barelor de rezistenta, comparativ cu îmbinarea prin metalotermie (fig.2.)

Din datele cunoscute de autor, procedeul de îmbinare a barelor de rezistenta prin metalotermie este aplicat la centrale nuclearo - electrice, canadienii folosindu-l în proportie de 80%.

Procedeul poate fi folosit la urmatoarele genuri de constructii:

» constructii energetice din beton monolit, cum sunt centralele nuclearo-electrice, pentru peretii perimetrali ai reactoarelor (anvelopele), structurile interne ale chestoanelor calandrelor, cladirile destinate salilor de masini la stâlpi si pereti;

» constructii de centrale hidroelectrice (baraje, ecluze, lucrari subterane);

» structurile de rezistenta pentru constructii din beton armat;

» obiective de importanta deosebita (spitale mari, gari, aeroporturi, teatre, cladiri monumentale, cladiri care adapostesc bunuri cultural-artistice de mare valoare etc.).

Procedeul s-a impus ca deosebit de avantajos deoarece: este aplicabil la orice calitate de otel beton profilat, chiar si la marcile de otel nesudabile, si poate lucra la temperaturi negative de pâna la - 10^0 C; este aplicabil în orice pozitie; nu necesita nici un fel de tratament termic; permite o viteza mare de executie (cca 10 min pentru o îmbinare), putându-se executa mai multe îmbinari deodata si, deci, ducând la o productivitate ridicata; este recomandabil la structuri rezistente la seisme, explozii; nu necesita controlul gamagrafic.

Procedeul pus la punct de autor s-a aplicat la constructia centralei nuclearo-electrice de la Cernavoda, la care s-au executat pâna în prezent circa 10.000 îmbinari la chesoanele calandrelor reactoarelor din blocurile 1 si 2, la stâlpii si peretii salilor de masini de la blocurile 2, 3 si 4, precum si la stâlpii de rezistenta pentru extinderea complexului "Unirea" din Bucuresti si Biblioteca Nationala, la care s-au executat peste 5.000 asemenea îmbinari.

Procesul metalotermic experimentat poate fi extins la îmbinarea grinzilor din beton armat de mari dimensiuni deoarece, datorita temperaturilor nesemnificative din bare, nu duce la dilatari si contractii si asigura deci nefisurarea betonului.

BIBLIOGRAFIE

[1] **Nicula I.,Onet Tr.** : Beton armat. Editura Didactica si Pedagogica, Bucuresti, 1982

[2] **Avram C.** si colectiv: Proiectarea economica a elementelor de constructii din beton armat. Editura Facla, Timisoara, 1979

[3] **Priscu R.** si colectiv : Ingineria seismica a marilor baraje. Editura Academiei R.S.R., Bucuresti, 1980

[4] **Ifrim M.** : Dinamica structurilor si inginerie seismica. Editura Didactica si Pedagogica, Bucuresti, editia a II -a revizuita 1984

[5] **Buletinul constructiilor** volumul II-1981. *Normativ pentru proiectarea antiseismica a constructiilor de locuinte, social- culturale, agrozootehnice si industriale.* Indicativ P.100-81

[6] **Carare T.** : Oteluri superioare pentru beton armat si beton precomprimat. Editura Tehnica, Bucuresti, 1969

[7] **Negoita Al.** si colectiv : Inginerie seismica . Editura Didactica si Pedagocica, Bucuresti, 1985

[8] **Popescu V.** : Constructii metalice industriale, Editura Tehnica Bucuresti, 1961, editia a II-a 1967, editia a III-a 1977

[9]**Georgescu L.,Frangopol D.** : Analiza sigurantei structurilor metalice. Institutul de Constructii Bucuresti, 1978

SCURTE STIRI

Bacinin, A.A. s.a.

Asimilarea tehnologiei de elaborare în furnalul dotat cu dispozitiv de încarcare fara con cu instalatie de distributie cu jgheab a încarcaturii

In: Stal, Federatia Rusa, 1993, nr.3, p.14-21

La furnalul nr.3 de la combinatul Azovstal, dotat cu dispozitive de încarcare cu jgheab, a fost asimilata tehnologia de elaborare în furnal, asigurând o reducere a consumului specific de cocs pâna la 20 kg/t fonta si o crestere a productivitatii cu 3,83%.

De asemenea, au fost realizate si asimilate diferite sisteme de încarcare în functie de continutul de marunt în minereul de fier.

PREÎNCALZIREA CU ARZATOARE REGENERATIVE A ÎNCARCATURII CUPTOARELOR CU ARC ELECTRIC PENTRU ELABORAREA OTELURILOR

Ing. Augustin Semenescu, sef lucrari Universitatea "Politehnica" Bucuresti
Dr. ing. Avram Nicolae, profesor Universitatea "Politehnica" Bucuresti
Ing. Christian Mihailescu, sef lucrari Universitatea " Politehnica" Bucuresti
Ing. Mircea Munteanu, ing. Octavian Gurgu, ing. Lucian Vâlceanu S.C. INTEC S.A. Bucuresti

C.Z.: 004.86.0048

Arzatoarele regenerative alternante [1] - [4] sau continue [5] - [6] au diverse aplicatii. Fabricantii straini de arzatoare regenerative alternante (cele continue au fost proiectate, realizate si brevetate de specialisti români de la INTEC S.A.), precum HOTWORK - Anglia, HAUCK - S.U.A., NORTH - AMERICAN - S.U.A. au aplicat aceste arzatoare la cuptoare de forja si tratament termic, la cuptoare de topit sau mentinerea aluminiului, la cuptoare din industria sticlei (topire sau mentinere), pe uscatoare de oale de turnare, efectele energetice (prezentate de firmele de mai sus) fiind de mare importanta (de exemplu la topirea aluminiului, reducerea cu 30 - 50% a consumului de energie, reducerea cu 50% a timpului de topire). Se continua extinderea domeniului de aplicare a acestor arzatoare.

Autorii au proiectat, realizat si brevetat instalatii de preîncalzire a sarjei cuptoarelor electrice cu arc de elaborat otel [7] - [8]. Eficienta acestor instalatii proiectate pentru un cuptor electric de 5 t (dar care pot fi extinse la toata gama de cuptoare electrice cu arc) poate fi stabilita prin compararea diagramelor SANKEY ale cuptorului electric fara preîncalzire (fig.1) si cu preîncalzire (fig.2) si tinând seama de urmatoarele efecte:

» preîncalzirea fierului vechi în cuva cuptorului duce la tasarea acestuia, permitând rapid introducerea altei bene de încarcare; socurile în retea la începutul topirii fiind mai slabe, se constata scaderea consumului specific de electrozi;

» datorita încalzirii uniforme a încarcaturii si a socurilor termice mai reduse, se obtine o prelungire a durabilitatii materialului refractar si, deci, consumuri specifice de refractare reduse.

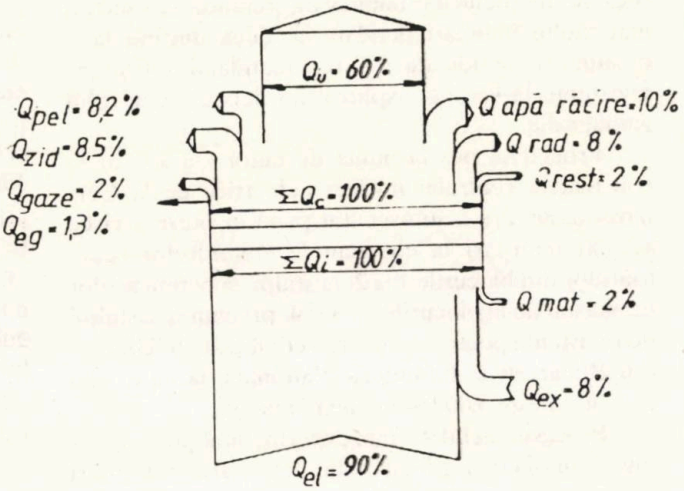


Fig. 1
Diagrama SANKEY a cuptorului electric cu arc de 5 t, fara preîncalzirea încarcaturii
Sankey diagram for a 5 - ton EAF without load preheating

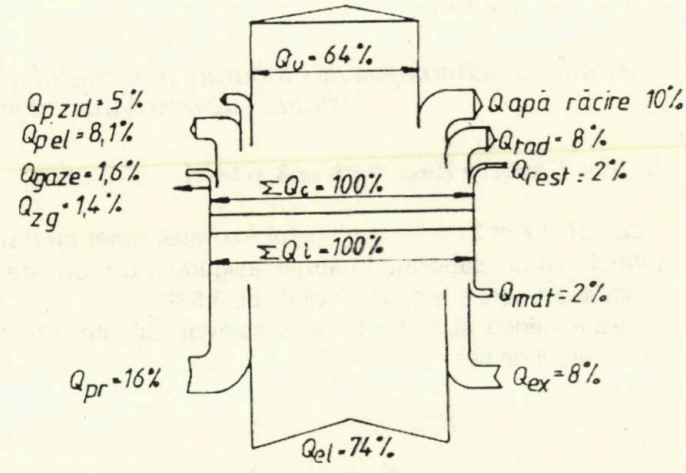


Fig. 2
Diagrama SANKEY a cuptorului electric cu arc de 5 t, cu preîncalzirea încarcaturii
Sankey diagram a 5 - ton EAF with load preheating

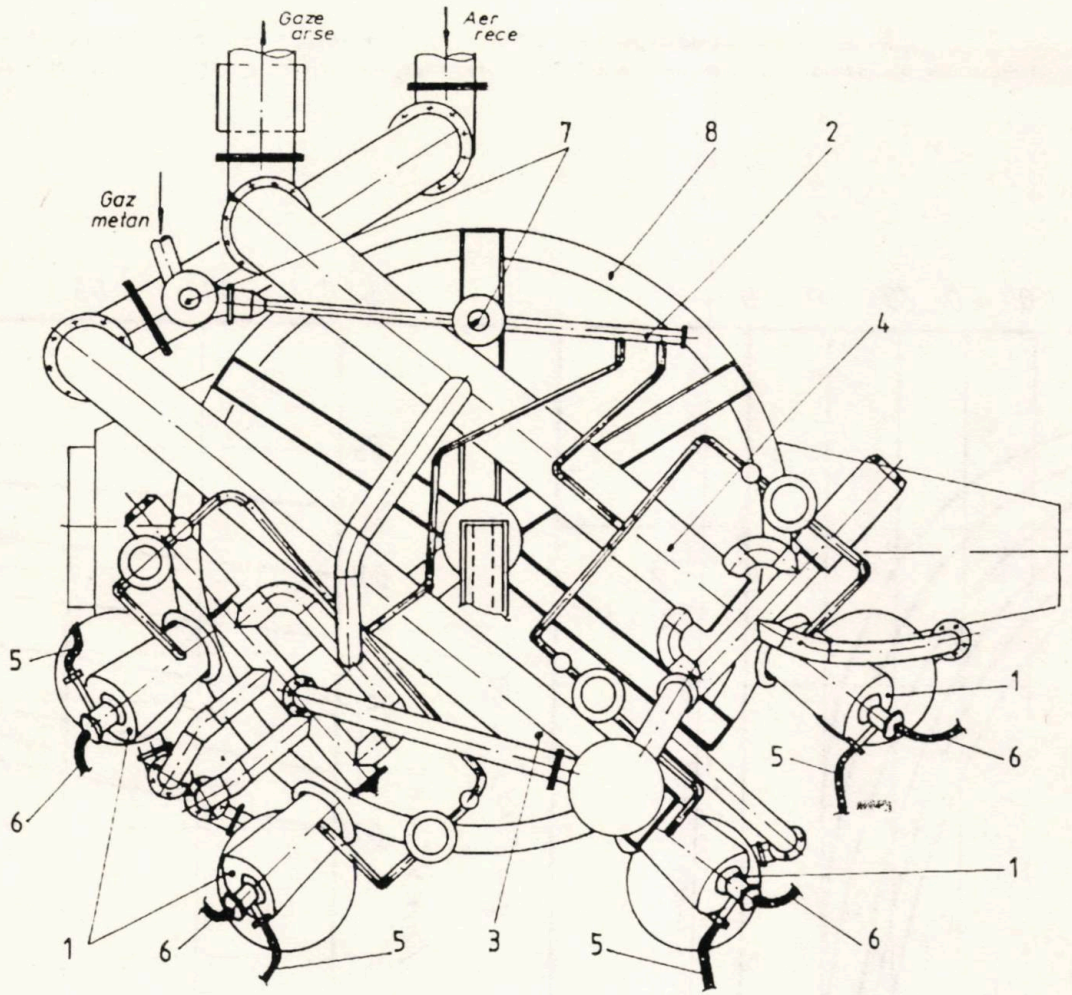


Fig. 3

Instalatie de preînclazire cu arzatoare recuperative alternante
Preheating plant with alternate regenerative burners

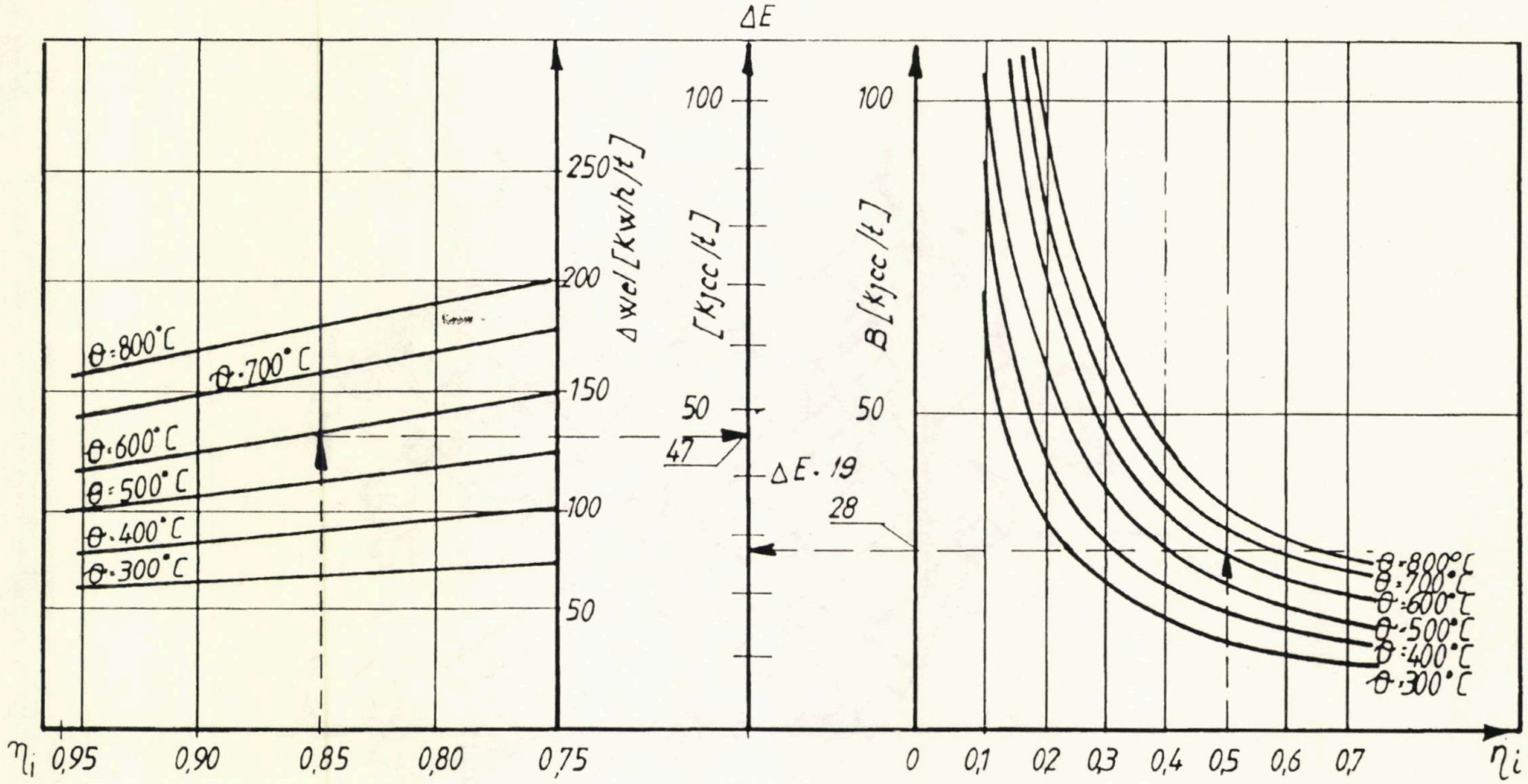


Fig. 4

Nonograma pentru determinarea economiei reale de energie (Δ E) în funcție de randamentul instalație (η_i) de preîncălzire a cuptorului electric și de temperatura de preîncălzire (θ)

Nomogram for computation of energy savings (Δ E) depending on the yield (η_i) of the EAF preheating plant and on preheating temperature (θ)

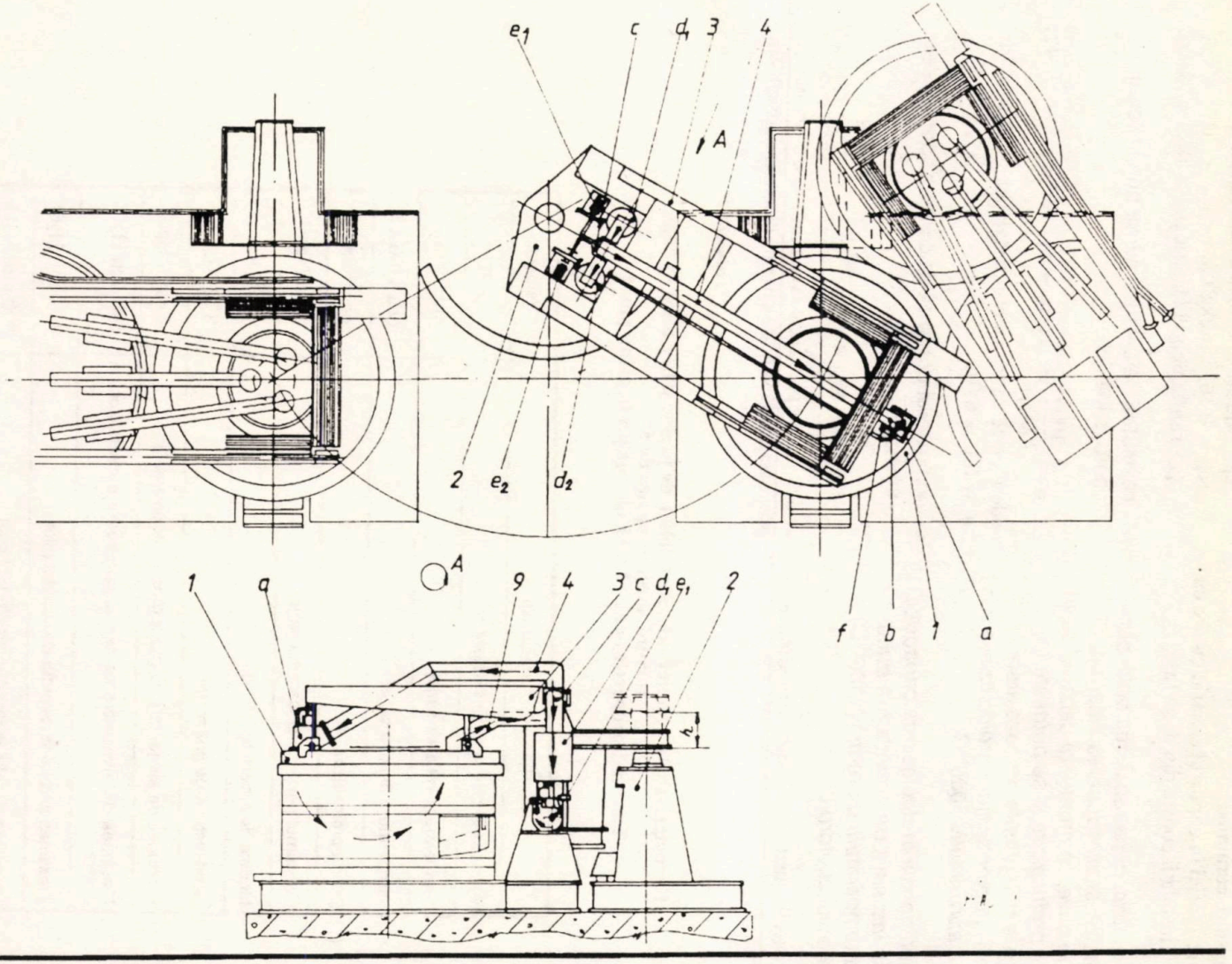


Fig. 5

Instalatie de preîncalzire cu arzatoare regenerative continue a încarcaturii cuptoarelor cu arc electric pentru elaborarea otelului
Continuous regenerative burners preheating plant for steelmaking EAF load

Instalatia de preîncalzire cu arzatoare regenerative alternante (fig.3) se compune din doua module de ardere (1), o instalatie de gaz (2), o instalatie de aer de combustie (3), o instalatie de exhaustare (4), o instalatie de aer comprimat (pentru piloti) (5), o instalatie de gaz pentru piloti (6) si instalatia AMCR (7), montate (total sau partial) pe un capac special (8), captusit cu fibre ceramice.

Preîncalzirea sarjei în cuptorul electric cu arc cu ajutorul acestei instalatii consta din doua faze:

» *într-o prima faza, dupa rabatarea boltii cuptorului electric si introducerea încarcaturii metalice în cuva, se monteaza capacul cu instalatia de preîncalzire si se porneste instalatia, care prin jeturile de gaze arse introduse în cuptor asigura preîncalzirea sarjei pâna la aproximativ 1000^0 C;*

» *faza a doua consta în deplasarea capacului special cu instalatia de preîncalzire dupa stingerea temperaturii de regim (1100^0 C) si montarea boltii cuptorului.*

Caracteristicile instalatiei sunt prezentate în tabelul 1.

» cantitatea de caldura (adusa pe cale electrica):

$$\Delta W_{el} = \frac{1000}{860\eta e} \cdot \left[c_p(t_p - t_i)\right], \frac{kWh}{t} \qquad (1)$$

unde: t_p reprezinta temperatura de preîncalzire ($t_p = 300 \div 1000^0$C);
c_p - caldura specifica a materialului ($c_p = 0{,}167$ kcal/kg^{0}C);
η_e - randamentul electric ($\eta_e = 0{,}75 \div 0{,}95$);

» cantitatea de caldura adusa prin arderea combustibilului:

$$B = \frac{1000}{7000\eta i} \cdot \left[c_p(t_p - t_i)\right], \frac{kgc.c}{t} \qquad (2)$$

unde η_i este randamentul instalatiei de preîncalzire ($\eta_i = 0{,}1 \div 0{,}9$);

» indicatorul complex de consum specific de energie:

$$W = B + W_{el} + C_{el}, \frac{kgc.c}{t} \qquad (3)$$

unde: C_{el} reprezinta consumul specific necesar producerii a 1kWh de energie electrica,kgc.c/kWh.

Tabelul 1

Caracteristicile termice ale instalatiei de preîncalzire a sarjei cuptorului electric cu arc de 5t
Thermal properties of a 5t EAF charge preheating plant

Caracteristica	Valoarea
Masa sarjei care se preîncalzeste	5t
Temperatura initiala a sarjei	ambianta
Temperatura finala a sarjei	cca 1100^{0}C
Durata preîncalzirii	cca 50 min
Consumul pentru preîncalzirea sarjei	135 Nm^3
Module de ardere tip ART 80	2buc.
Debit instalat de gaz metan	170 Nm^3/h
Presiunea de alimentare cu gaz a modulelor de ardere	70 mm H_2O
Presiunea de alimentare cu aer de combustie a modulelor de ardere	140 mm H_2O
Presiunea aerului la racordul arzatorului pilot	400 mm H_2O
Presiunea gazului la racordul arzatorului pilot	400 mm H_2O

In conditiile utilizarii preîncalzirii cu gaz metan se poate realiza chiar si o economie de energie, nu numai o substituire de agent termic, care a fost calculata utilizând urmatorii indicatorii:

W_{el} în conditiile preîncalzirii sarjei este:

$$W_1 = B + (W_{el} - \Delta W_{el}) \cdot C_{el} \qquad (4)$$

iar fara preîncalzire:

$$W_2 = W_{el} \cdot C_{el} \qquad (5)$$

Tabelul 2

Rezultatele probelor de preincalzire a sarjelor cu instalatia de preincalzire cu arzatoare regenerative ART 80x2
Load preheating test results on ART 80 x 2 regenerative burners preheating plant

Nr. curent sarja	Sarja		Preîncazire (P) cu ART - 80					Topire electrica (TE)				Total P + TE	Elaborare (E)				
	Marca otel	Masa init. (t)	Temp. init, °C	Temp. fin., °C	Durata, min	Cons. specif.		Durata, min	Consumuri energetice			Consum sp. c. c.. kg.cc/t	Masa de sarjat, t	Durata, min	Consumuri		
						CH_4, m^3N/t	Com. conv., kg.cc/t		En. el., kwh	Sp. en. el., kwh/t	Sp. c.c, kg.cc/t				En. el., kwh	Sp. en. el., kwh/t	Sp. c. c., kg.cc/t
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
1	C120	4,5	400	1340/950	64	37,4	46	46	1200	266,6	88	134	5,7	117	2400	421	139
2	Rp3	5,4	240	1120/1000	59	29	35,1	76	1800	333,3	110	146,1	6,8	115	1800	310,3	108,4
3	Rp3	5,4	300	1240/-	70/40	54,2	65,6	82	2970	550	181,6	2467,1	6,3	295	1800	286,7	94,3
4	Rp3	5,5	480	1450/-	50	24,2	29,3	60	2100	381,8	126	155,3	5,96	173	1500	252	83,2
5	OT45	7,0	500	1270/1040	60	22,8	27,6	58	1200	171,4	56,5	84,1	7,36	77	2400	326,5	107,7
6	31CMoV9	6,5	400	1270/770	74	30,4	36,7	61	2400	369,2	122	158,7	6,624	94	1200	181,1	60,2
7	31CMoV9	4,7	400	1300/600	73	41,4	50,2	59	2100	446,8	147,4	197,6	6,7	200	3900	684	226,7
8	T2OGL	7,0	200	1350/560	55	20,9	25,3	80	2700	386	127,4	152,7	7,0	195	2460	351,4	116
9	10TNC180	3,7	300	1240/-	62	37,56	45,46	50	1440	389	128,4	173,8	6,0	250	4800	960	316,8
10	OT50	7,0	300	1400/-	58	22,1	26,74	94	2520	360	118,8	145,5	7,0	120	2400	343	113,2

Tabelul 2 (continuare)

Consumuri pe sarja				Consumuri specifice medii la sarje fara preîncalzire cu ART 80x2							Reduceri de consumuri realizate					
Total en. el., kwh	Specific en. el., kwh/t	Specific comb. conv. kg.cc/t	Specific electrozi kg/t	Topire		Elaborare		Total pe sarja			Topire			Total sarja		
				En. el., kwh/t	Comb. c., kg.cc/t	En. el. kwh/t,	Comb. c., kg.cc/t	En. el. kwh/t,	Comb. c., kg.cc/t	Electrozi, kg/t	En. el. kwh	Comb. c, %	En. el., %	En. el., %	Comb. c, %	Electrozi, %
18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34
3600	687,6	273	16	560	184,8	650	214,5	1210	399,3	20 - 21	1320	52,4	27,48	43,2	31,6	28,5
3600	643,6	247,5	15	729	240,6	375	123,8	1104	364,4	20 - 21	2137	54,2	39,69	41,7	32,1	28,5
4770	835,7	341,4	19	819,8	270,6	375	123,8	1194,8	394,3	20 - 21	1456,9	32,91	8,68	30,05	13,41	9,5
3600	834	235,5	15	729	240,6	375	123,8	1104	364,4	20 - 21	1909,6	47,6	35,45	42,57	34,5	28,5
3600	497,9	191,8	15	446	147,2	222	73,3	668	220,5	20 - 21	1922,2	61,56	42,86	25,46	13	28,5
3600	550,3	219,1	8,65	570	188,1	370	122,1	940	310,2	20 - 21	1305	35,22	15,62	41,45	29,38	58,8
6000	1130,8	423,3	13	750	247,5	700	231,03	1150	478,5	20 - 21	1425	40,42	20,16	9,53	11,53	38
5160	737,4	268,7	17	454,5	150	509,7	168,2	964,2	318,2	20 - 21	479,5	15,07	1,13	23,52	15,55	19,04
6240	1349	490,6	16,8	776,6	256,3	766,5	253	1543,2	509,3	20 - 21	1433,4	49,88	32,16	12,58	3,67	20
4920	703	256,7	14	800,8	264,3	224	73,9	1024,8	338,2	20 - 21	3065,6	55,0	34,83	31,4	23,6	33,3

Economia reala este deci:

$$Ee = W_2 - W_1 = W_{el} \bullet C_{el} - B, \ \frac{kg\ c.c}{t} \qquad (6)$$

Pe baza relatiilor (1)...(6) si tinând seama de intervalele de variatie considerate pentru o serie de parametri, s-au calculat valorile lui ΔW_{el} si B, pe baza carora s-au trasat curbele din figura 4, care permit calculul direct al economiei de energie (exprimata atât în kwh, cât si în kg c.c.). Spre exemplu, prin preîncalzirea încarcaturii la 600^0C, pentru un $\eta_i = 0,5$ se obtine o economie reala $\Delta E = 19$ kg c.c /t comparativ cu încalzirea prin arc pâna la 600^0C pentru $\eta_c = 0,85$.

In vederea validarii rezultatelor teoretice s-a efectuat un numar de încalziri pentru sarje de mase si materiale diferite, s- au efectuat masuratori de consum de gaz si de energie electrica pe cicluri de elaborare si s-au obtinut urmatoarele rezultate:

» *reducerea consumului specific de energie electrica cu 29,5%;*

» *reducerea consumului specific de energie conventionala cu 22,5%;*

» *reducerea consumului de electrozi cu 28%;*

O parte din masuratori este prezentata în tabelul 2.

Preîncalzirea sarjei cuptoarelor electrice cu arc cu arzatoare regenerative alternante se realizeaza cu o instalatie de tipul celei prezentate în figura 5. Instalatia se compune dintr-o bolta metalica captusita refractar (1), un dispozitiv de ridicare si rabatare (2) a boltii (1), o platforma metalica (3) care sustine prin intermediul a patru tiranti bolta (1) si pe care este montata instalatia de ardere (4) cu arzatoare regenerative continue(tip FCR).

Instalatia (4) se compune dintr-un arzator (a) FCR 160, fixat pe bolta (1), un traseu de aer cald (6), un inversor cu patru cai (c), doua regeneratoare metalice captusite refractar (d_1) si (d_2), umplute cu bile ceramice, doua ventilatoare (e_1) si (e_2), un traseu de gaz metan (f) si un racord de evacuare a gazelor arse (g).

Instalatia de preîncalzire poate deservi doua cuptoare electrice cu arc (I) si (II) în modul urmator:

» *se rabate bolta cuptorului electric (II) pentru încarcarea cu fier vechi cu bena de încarcare;*

» *se rabate bolta instalatiei (1) si se coboara pe cuva cuptorului, cu ajutorul dispozitivului (2);*

» *se porneste instalatia de ardere (4) astfel: se porneste ventilatorul (e_1) furnizând astfel aerul necesar arderii, aer ce trece prin regeneratorul (d_1), se preîncalzeste, trece prin doua din cele patru cai ale inversorului (c) si se aduce arzatorului (a) prin traseul de aer cald (b), arzator care este alimentat si cu gaz metan prin traseul de gaz (f).*

Gazele rezultate în urma procesului de ardere sunt evacuate prin racordul de evacuare gaze arse (g) si trec prin celelalte doua cai ale inversorului (c) în regeneratorul (d_2) si apoi prin ventilatorul (e_2) în canalul de evacuare gaze arse.

Când bilele regeneratorului (d_2) au atins temperatura de 1100 - 1200^0C se inverseaza alimentarea arzatorului, si anume: se porneste ventilatorul (e_2), aerul furnizat trecând prin regeneratorul (d_2) si doua cai ale inversorului (c) si traseul de aer cald (b), ajunge la arzatorul (a), arzator alimentat cu gaz, asa cum s-a aratat prin traseul de gaz (f). Gazele rezultate în urma arderii sunt evacuate prin racordul de evacuare gaze arse (g), trec prin celelalte doua cai ale inversorului (c), în regeneratorul (d_2), apoi în ventilatorul (e_1) si din el în canalul de gaze arse.

Instalatia de ardere functioneaza în modul descris pâna când sarja atinge temperaturi de 1000-1050^0C, apoi se rabate bolta (1) a instalatiei pe cuptorul (I), se aduce bolta cuptorului (II) pe cuva si se trece la topirea sarjei cu electrozii cuptorului. Dupa evacuarea otelului din cuptorul (I) se încarca cuva cuptorului cu ajutorul benei de încarcare si se porneste instalatia de preîncalzire a sarjei în modul prezentat.

Aceasta instalatie, brevetata de autori, asteapta un utilizator care sa-si puna în evidenta valentele de "economizor de energie".

Concluzionând, se poate afirma ca utilizarea instalatiilor de preîncalzire a sarjei cuptoarelor electrice cu arc cu ajutorul arzatoarelor regenerative alternante sau continue reprezinta solutia optima de preîncalzire, tinând seama de faptul ca arzatoarele regenerative sunt arzatoarele care realizeaza cel mai scazut consum de gaz metan datorita recuperarii prin regenerare a entalpiei gazelor arse si a preîncalzirii aerului de combustie la valori de 1000-1050^0C, valori care nu pot fi obtinute prin nici o alta cale.

BIBLIOGARFIE

[1] **A.Semenescu** : *Cercetari privind cresterea eficientei energetice a sistemelor de ardere ale cuptoarelor metalurgice prin utilizarea arzatoarelor regenerative.* In: *Metalurgia, România, nr.3,1993, p.15*

[2] **A.Semenescu, A.Ioana** : *Cercetari experimentale în vederea determinarii principalilor parametri functionali ai arzatoarelor regenerative.* In: Metalurgia, România, nr.5,1993, p.19

[3] **A.Semenescu**: *Aspecte privind posibilitatea determinarii pe cale experimentala a unor parametrii ce caracterizeaza regimul de functionare al arzatoarelor regenerative.* In: Metalurgia, România, nr.8,1993, p.36

[4] **A.Semenescu**: *Rezultatele experimentale obtinute în exploatarea industriala a arzatoarelor regenerative .* In: Metalurgia, România, nr.12,1993, p.30

[5] **A.Semenescu, O.Gurgu, L.Vâlceanu, R.Pivniceru**: *Cercetari privind recuperarea resurselor energetice secundare utilizând arzatoare tip flacara continua regenerative*. In: Metalurgia, România, nr.2, 1993, p.28
[6] **A.Semenescu, I.Vîrcolacu, A.Ioana, L.Vâlceanu, C.Balescu, V.Mirea** : *Determinarea pe cale experimentala a principalilor parametri functionali ai arzatoarelor regenerative continue*. In: Metalurgia, România, nr.9,1993, p.16
[7] **A.Semenescu, Gh.Mangaru, R.Pivniceru**: *Instalatia de preîncalzire a sarjei cuptorului electric cu arc*. Brevet de inventie 105113, România, 1989.
[8] **A.Semenescu, C.Sârbu, M.Semenescu, R.Pivniceru, C.Petcu**: *Instalatie de preîncalzire a fierului vechi*. Brevet de inventie 105114, România, 1989

SCURTE STIRI

Antipin, V.G. s.a.

Directiile de dezvoltare si structura productiei de otel în C.S.I.

In: Stal, Federatia Rusa, 1993, nr.3, p.21-23

In articol sunt prezentate principalele directii de dezvoltare si structura productiei de otel din C.S.I.: modernizarea otelariilor electrice si de convertizoare, înlocuirea cuptoarelor Martin; elaborarea de procedee noi de elaborare si turnare a otelului.

Macarov, L.P. si Suhanova, T.M.

Sistemul de impozitare a beneficiului întreprinderii în tarile cu economie de piata

In: Stal, Federatia Rusa, 1993, nr.3, p.76-79

Se prezinta unele legi privind sistemul de impozitare a beneficiului întreprinderilor în tarile cu vechime în economia de piata, ca: Germania, S.U.A., Anglia, Franta, Japonia.

Brodov, A.A.

Problemele prognozarii volumului de productie si utilizarii produselor de metal

In: Stal, C.S.I., 1992, nr.8, p.68-70

In articol se prezinta situatia productiei metalurgice, consumul produselor de metal, trecerea la economia de piata în anul 1991 în Rusia.
De asemenea, se prezinta probleme legate de prognoza, marketing, preturi.

Latipov, H. In.s.a.

Imbunatatirea resursei tehnice a microcablurilor

In: Ciornaia metallurghiia, Cermetinformatiia, Federatia Rusa, 1992, nr.8, p.29-30

Resursa tehnica a microcablurilor executate din oteluri rezistente la coroziune se va mari daca acestea vor fi unse în procesul de cablare, iar la exploatare vor fi utilizate blocuri executate din fluoroplast sau policaprolactama.

EVENIMENTE INTERNATIONALE

In: Stahl und Eisen, Germania, nr.10, 1993

Programul Congresului anual al siderurgistilor germani - 1993 (Düsseldorf, 11-12 IX 1993)

Grupa I - Materii prime si metalurgie

Partea 1: Materii prime si producerea fontei

- Transportul maritim si acoperirea minereurilor de fier. Verigi importante pe fluxul de transport de la mina la consumator
- Punerea în functiune si primele rezultate de exploatare ale cocseriei noi Kaiserstahl
- Furnalul Schwelgern nr.2. De la idee pâna la punerea în functiune
- Noua constructie a furnalului B de la Prenssag Stahl AG - Salzgitter
- Utilizarea de cocsuri cu diferite continuturi de alcali

Partea a 2-a : Gospodaria fierului vechi si producerea otelului electric

- Elaborarea otelului electric în Germania
- Fierul vechi, ca materie prima pentru productia de otel
- Dezvoltarea instalatiilor de producere a otelului electric:
  - * comparatia cuptoarelor cu arc, în curent continuu si în curent alternativ
  - * cerinte cu privire la electrozii de grafit pentru cuptoarele cu arc, în curent continuu
  - * scurte referate asupra noilor cuptoare electrice cu arc
- Noi dezvoltarii în tehnica cuptoarelor cu arc, în curent continuu
- Noi dezvoltari în tehnica cuptoarelor cu arc, în curent alternativ
- Conceptii noi în constructia cuptoarelor cu arc
- Noi dezvoltari în domeniul cuptoarelor cu arc, pentru curent alternativ si curent continuu
- Cresterea productivitatii la elaborarea otelului electric
- Elaborarea otelului electric - o tehnologie convenabila din punct de vedere ecologic, pentru reciclarea fierului vechi

Grupa a II-a - Tehnica deformarii plastice

Partea 1: Laminarea la cald si forjarea

- Extinderea si modernizarea laminorului la linia de profile fine de la uzina Neunkirchen
- Masuri de reconstructie la cinci laminoare de sârma din Europa
- Cercetari asupra optimizarii mentinerii dimensiunilor la benzile laminate la cald
- Noua masina de forjare în lung, complet hidraulica, la uzina de oteluri speciale Kaisran - Schmidt + Clemens GmbH et Co
- Un nou procedeu de forjare a arborilor cotiti pentru motoare navale

Partea a 2-a: Laminarea la rece si înnobilarea suprafetelor

- Decapare moderna prin tractiune - instalatii si rezultate de functionare
- Noua instalatie de zincare la cald, la Krupp Hoesch Stahl AG în Bachum
- "Electron Beam Texturing" (EBT): o tehnologie conducatoare în domeniul texturarii valturilor de lucru, la laminoarele la rece
- Cercetarea infuentei diferitelor procedee de crestere a rugozitatii valturilor de lucru, asupra formarii structurii superficiale fine la laminarea finala a tablelor pentru caroserii

Grupa a III-a - Instalatii tehnologice

- Metode actuale informationale pentru tehnica conducerii în industria siderurgica
- Tehnica conducerii - cheia stapânirii în totalitate a proceselor tehnologice
- Retele neuronale artificiale si utilizarea lor în industria siderurgica
- Experiente de la utilizarea retelelor neuronale în automatizarea laminoarelor
- Un concept "**Fuzzy**" asupra conducerii proceselor din otelarie
- Conducerea si economia de timp în otelarie, în conditiile aplicarii tehnologiei "Fuzzy"

Grupa a IV-a - Tehnica materialelor

- Structuri si caracteristici ale otelurilor - Metalografia în industria siderurgica
- Structuri si caracteristici ale otelurilor
- Caracteristicile grauntilor si infuenta lor asupra comportarii la deformare, cu referire speciala la tablele subtiri din otel laminat la rece
- Contributia metalografiei cantitative la optimizarea structurilor
- Incluziuni nemetalice în oteluri
- Metalografia în industria siderurgica

SCURTE STIRI

Fritz, E. s.a. - firma Voest-Alpine, Industrieanlagenbau-Austria

Cresterea procentului de deseuri la elaborarea otelului în convertizor

In: Stal, Federatia Rusa, 1992, nr.11, p.26-28

Se prezinta procedeele combinate K-OBM si KMS (intrarea caldurii suplimentare se asigura fie prin preîncalzirea deseurilor cu arzatorul oxicombustibil, fie prin insuflarea prafului de carbune în baia lichida) de elaborare a otelului în convertizor; avantajele si dezavantajele acestora. In prezent, cinci foste sectii Martin au fost reutilate cu succes în sectii de convertizoare, unde au fost utilizate procedeele K-OBM si KMS. In cazul tuturor proiectelor a fost pastrata cea mai mare parte a constructiilor metalice si infrastructura.

Aceasta a asigurat amplasarea utilajului pe suprafete mici, cu investitii relativ reduse la reconstructia sectiilor.

Rezneakov, A.A.

Perspectivele prelucrarii si utilizarii spanului de metale feroase

In: Ciornaia metallurghiia, Cermetinformatiia, Federatia Rusa, 1992, nr.7, p.3-10

Pe baza materialelor prezentate la sedinta sectiei de metale feroase, Lipetk, iunie 1991, au fost stabilite urmatoarele obiective: continuarea lucrarilor pentru realizarea tehnologiei si utilajului de prelucrare a spanului, accelerarea constructiei centrifuge cu actiune continua, cu productivitatea de 10 t/h, montarea si încercarea agregatului de concasare, înfiintarea unei asociatii care va putea sa introduca mai rapid tehnica avansata în productie, concentrarea fortelor asupra solutiilor problemelor de baza în domeniul prelucrarii spanului, asigurarea unei informatii reciproce, editarea de cataloage cu utilajele fabricate în tara.

Efron, L.I. si Litvineriko, D.A.

Microalierea si tratamentul de deformare termica a otelului cu continut scazut de carbon pentru uz general

In: Stal, C.S.I., 1992, nr.5, p.60-65

Se prezinta cercetarile de îmbunatatire a proprietatilor otelului cu continut scazut de carbon tip St 3sp; influenta regimurilor de tratament de deformare termica si de microaliere asupra microstructurii acestui tip de otel. Prin acest tratament pot fi îmbunatatite: limita de curgere, rezistenta, rezilienta la temperaturi joase.

CIDMET

Central de Informare si Documentare pentru Metalurgie

Str. Mendeleev 21 - 25,
sector 1
70 168 BUCURESTI
tel. 659 49 90
fax: 3124278, 3124276

SIDEROM : CIDMET editeaza o serie de publicatii care se transmit firmelor din domeniul metalurgiei si constructiilor de masini din România si din alte tari.

Produsele si tehnologiile, consultanta si asistenta tehnica oferite de firma dumneavoastra pot beneficia de publicitate în materialele periodice pe care le editam si difuzam, cum sunt:

- Revista Metalurgia
- Buletin de Informare Documentara
- Informatii din metalurgia mondiala
- Sumare din reviste straine de specialitate
- Noutati în siderurgie
- Indicatori tehnico-economici

CID

In cazul în care doriti sa va facem publicitate va rugam:
- sa ne transmiteti materialul pentru reclama în forma pe care o doriti (fotografii, diapozitive color, text, machete etc);

- sa transmiteti suma corespunzatoare publicarii reclamelor dorite. la BCR SMB 301520201 Bucuresti

Sumare din reviste est-vest
Diverse publicatii
Traduceri
Carti de vizita
Formularistica de birou

MET

Metalurgia
Cataloage de produse
Prospecte
Buletin de informare documentara
Sinteze documentare
Indicatori tehnico-economici
Noutati din siderurgie
Informatii din siderurgia mondiala

Va stam la dispozitie pentru comunicarea tarifelor actuale

SOCIETATEA COMERCIALA MECANICA-S.A. Mîrsa
2421, LOCALITATEA MIRSA, ORASUL AVRIG
Capital social 777 mil.lei
BCR Sibiu, cont nr. 30.16.6.05 01
Camera de Comert si Industrie a jud. Sibiu
Nr. 132/29/15.05.92/1992
Tel.(0040 2)92/560047, Telex 69237, Fax (0040 2)92/560613

umm

S C "MECANICA" S.A este specializata si are o experienta de peste 30 de ani in fabricatia produselor fiind foarte flexibila la adaptarea produselor la solicitarile beneficiarilor

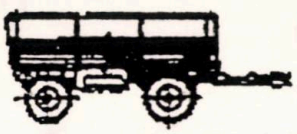
In fabricatia produselor autotractate se folosesc elemente de suprastructuri din aliaje de aluminiu laminate.

Produsele se livreaza fie pe baza de comenzi, fie ca produse standard prezentate sau adaptate la cerintele beneficiarului

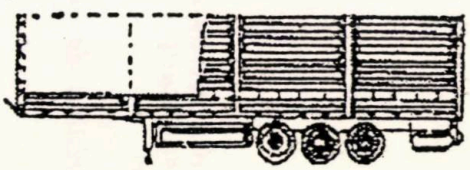
S.C."MECANICA" S.A is a specialised company and has an experience of over 30 years, beeing flexible in adapting the products to the customer's requirements.

In the fabrication of our products we use upper structure elements made of laminated aluminium alloys.

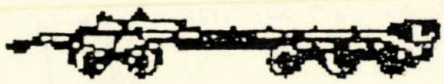
Products are delivered as standard or specially made by request.



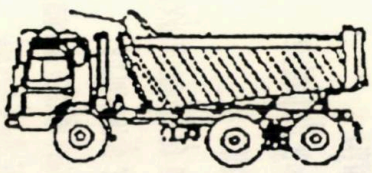
- Remorci agricole basculante sarcini utile de 3 - 8 t
- - Agricultural tipping trailers, 3-8 to payloads



- Semiremorci transport marfuri generale: sarcina utila 31-32 t cu suprastructuri din aliaje Al sau otel
- Semiremorci transport containere
- Semiremorci speciale pentru transport ciment, transport forestier, transport animale
- General goods transportation semitrailers, 31-32 tp, superstructure made of aluminum alloys or steel
- Container transport semitrailers
- Special semitrailers for cement, timber, livestock

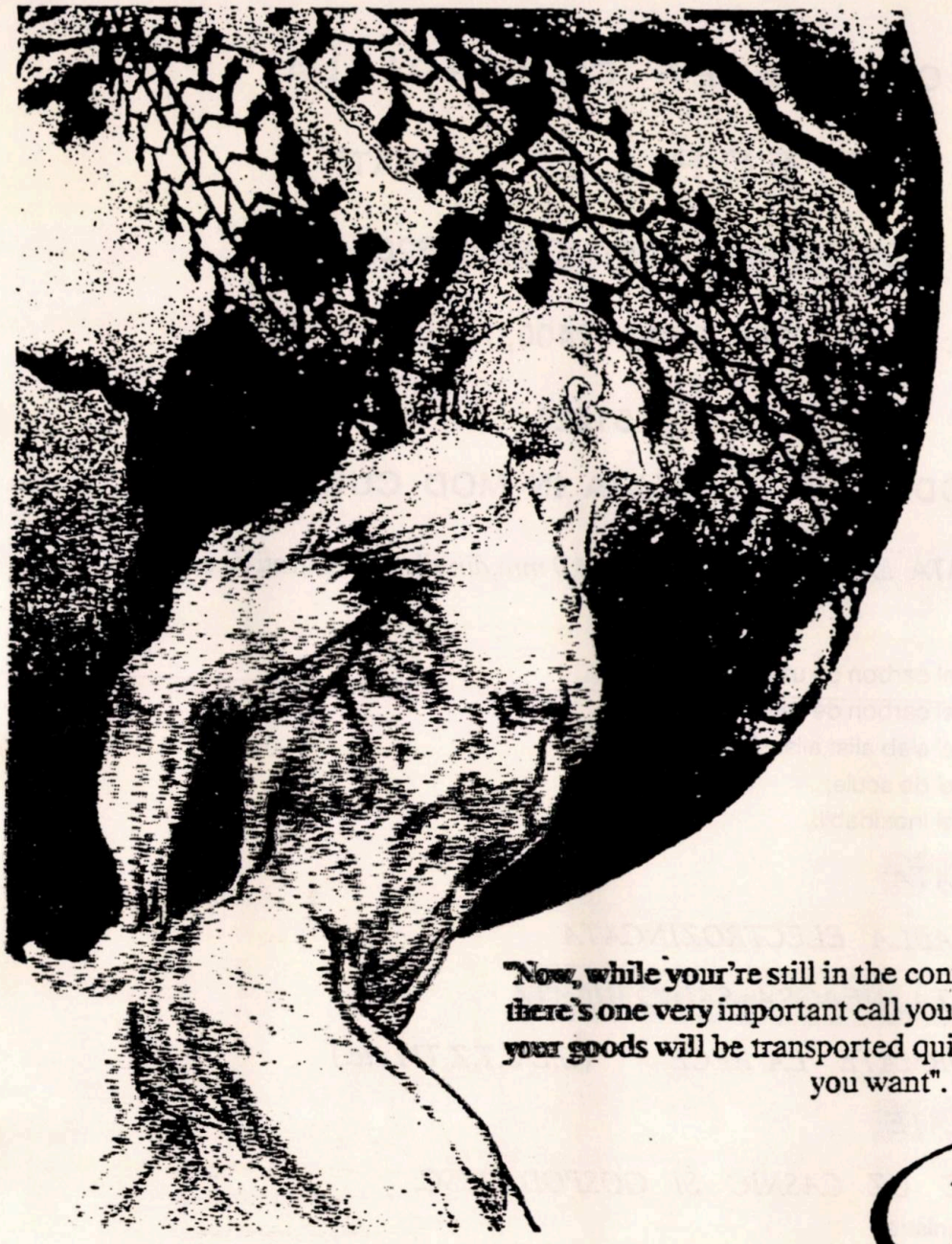


- Semiremorci joase de tip treiler sarcini utile 20-120 t
- Autotren pentru transport marfuri generale, carosat sau cu covilfir si prelata cu elemente de structura din profile laminate din aliaje Al sau otel, inclusiv remorci pentru autotren pentru sarcini utile 3-7 t
- Low bed semitrailers, 20-120 to
- General transport road trailers with tarpaulin, elements made of aluminiumalloy laminated profiles or steel shapes road trailers, 3-7 t



- Autobasculante pe autosasiuri ROMAN S.A. Brasov de 6-19 t
- Dump trucks, on ROMAN chassis 6-19 t payloads

ATLAS



"Now, while your're still in the confort of your office there's one very important call you should make and your goods will be transported quickly, anywhere you want".

"ATLAS" S.A. Trading Company activity's objectives and purposes can be defined as below:

- goods and passenger transports, both in Romania and other countries;
- building-fitting up and mechanized works made by specific equipments;
- civil and industrial works;
- auto-service works, making and capitalization of: spare parts, assembled parts, accesories, means of transport services;
- any kind of means of transport and equipment reparations;
- any kind of metallic works;
- retail and whole sail trade in commodities, food, agricultural and animal products;
- import-export activities according into our already mentioned scope

Please call, or write to:

ATLAS S.A. Trading Company GALATI, Smirdan Street Nr.2
Phone + +40 36 432613, + +40 36 464310
Fax + +40 36 432384, + +40 93 463434
Tlx 51315

SOCIETATEA COMERCIALA

"INTFOR - S.A." GALATI

Str.Portului nr.157 - Galati - 6200

Telefon: **0934/60766, 0934/62400,** *Telefax:* **93/418366**

Telex: **51224**

PRODUCE SI LIVREAZA IN MOD CURENT:

TABLA LAMINATA LA CALD, grosimi 0,5-4,0 mm,din diverse calitati de otel:

- otel carbon de uz general;
- otel carbon de calitate;
- otel slab aliat,aliat si inalt aliat;
- otel de scule;
- otel inoxidabil.

TABLA ZINCATA

BANDA SI TABLA ELECTROZINCATA

TABLA CUTATA NEAGRA SAU ZINCATA

PROFILE FORMATE LA RECE (U,L,C,T,Z,TM etc.)

TEVI PROFILATE

PRODUSE DE UZ CASNIC SI GOSPODARESC:

- canistre;
- tevi;
- lopeti;
- sape;
- pubele gunoi etc.

CONSTRUCTII METALICE DIVERSE:

- paturi;
- panouri garduri ornamentale;
- balustrade;
- containere resturi menajere;
- pavele pardoseli;
- boxpaleti etc.

ORSZÁGOS KÖZPONTI MŰSZAKI INFORMÁCIÓS KÖNYVTÁR 1883

LIVRAM LA PRETURI AVANTAJOASE:

pe baza de **C.E.C.** **oricarui agent economic de stat sau privatizat.**

cu plata **in numerar,** *prin magazinul propriu,* **oricarei persoane particulare.**

S.C. SIDERURGICA S.A. HUNEDOARA

Societatea Comerciala "Siderurgica" S.A. Hunedoara produce si comercializeaza la preturi competitive urmatoarele produse:

* tagle pentru tevi din otel carbon , slab aliat, aliat si inalt aliat (inoxidabil);
* blumuri si tagle din otel carbon, slab aliat, aliat si inalt aliat pentru constructia de masini;
* tagle din otel pentru rulmenti;
* profile fasonate I,U, cornier, T;
* profile pentru:
  * senile de tractor si excavator ;
  * brazdar de plug ;
  * armatura de mina ;
  * transportoare de mina ;
  * aparate de cale ferata si sina ac ;
  * traverse CF ;
* sirma pentru armaturi beton, tragatorii, cord metalic ;
* piese turnate si forjate ;
* utilaj pentru turnarea otelului (poduri, lingotiere, pilnii) ;
* coces metalurgic ;
* benzen, naftalina, smoala, sulf, toluen ;
* fonta de afinare si de turnatorie ;
* zgura granulata si vata de zgura ;
* calcar si var ;
* dolomita calcinata si sinterizata ;
* blocuri dolomitice ;

" Siderurgica" S.A. Hunedoara produces and commercialises at competitive prices the following products:

* carbon, low-alloyed, alloyed and high alloyed steel billets for tubes (stainless steel) ;
* carbon, low-alloyed, alloyed and high alloyed steel billets and blooms for machine building ;
* steel billets for bearings ;
* shaped sections, IPE-beams, channels, angles, T-sections ;
* profiles for :
  * tractor and excavator track shoes
  * plough shares ;
  * mine gallery supporting ;
  * mine conveyors ;
  * railroad accessories siding rail ;
* wire for concrete reinforcements, for drawing, metallic cord ;
* cast and forged pieces ;
* equipment for steel casting (platforms, moulds, funnels) ;
* metallurgical coke ;
* benzene, naphthalene, tar, sulphur, toluene ;
* refining and cast pig iron ;
* granulated slag and slag wadding ;
* lime and chalkstone ;
* calcined and sintered dolomite ;
* dolomitic blocks ;

THE LONG PRODUCTS LEADING COMPANY IN ROMANI

International
Leading Company
Award Madrid 1991

Euromarket Award 1992
European Market Research
Center

XXIII International Award
For Commercial Prestige
Madrid 1993

ou can contact us :
e puteti contacta :

8, Constantin Bursan Street
2750, HUNEDOARA
ROMANIA

Telephone Exchange : +40/95/716121,716131,716521
General Manager : +40/95/712783
Comercial Manager : +40/95/712784
Telex : 72411 cbsid-r, 72412 cbsid-r
Telefax : +40/95/712266, 716008, 717650

3280

METALURGIA

Revista lunara editata de S.C. SIDERURGICA S.A.

5-6 / '94

S.C. SIDERURGICA S.A. HUNEDOARA

1884 - 1994

THE WEIGHTY WORD
OF IRON & STEEL INDUSTRY

1884

S.C. SIDERURGICA S.A.
HUNEDOARA

E 3280

METALURGIA

REVISTA EDITATA DE "SIDEROM" S. A.

5 - 6
mai - iunie
1994

MUSZAKI INFORMACIÓS KÖNYVTÁR 1883

Sumar

Samoilescu Silviu: **Trecut, prezent si viitor la "SIDERURGICA" - S. A. - 110 ani de la punerea în functiune a primului furnal la Hunedoara** *5*

Ioan Romulus, Gaina Constantin: **Contributii la istoria metalurgiei fierului în zona Hunedoarei** *7*

Ioan Romulus, Ioan Aurora: **Cercetari privind formarea si dirijarea structurii lingourilor** *11*

David Iren: **Directii de valorificare a unor reziduuri din productia cocsochimica.** *15*

Toth Cornel, Popoiu Gheorghe, Klusch Mihai, Klusch Adriana: **Posibilitati de determinare a uzurii zidariei furnalelor.** *19*

Riza Mihai, Dragovici Nicolae, Achim Constantin, Koncs Emil: **Consideratii privind posibilitatile de masurare continua a temperaturii zonei de ardere si a temperaturii fontei si zgurii lichide la furnale.** *24*

Anghelina Dorel: **Reconsiderari constructive si functionale ale procedeului RH în conditiile cerintelor moderne privind rafinarea otelurilor.** *30*

Tripsa Iosif, Popoiu Gheorghe, Anghelina Dorel: **Studiul proceselor de transfer al azotului în topiturile feroase înalt aliate.** *34*

Lauby Petra, Gâtlan Mircea, Toma Romulus: **Tehnologie de tratament termic în fluxul de laminare a sârmelor si barelor cu diametru mic.** *38*

Revista revistelor. *6, 10, 14, 18, 33*

Colegiul onorific de redactie

(în ordine alfabetica)

LUCIAN AMANCEI, VICTOR BERTALAN, ION CHIOSE, SORIN DIMITRIU, VICTOR GUIDEA DANAILA, ALEXANDRU FLOREA, EMIL FLORIAN, LADISLAU FRUMOSU, RADU HANGA, PETRE IANC, GHEORGHE LEPADATU, STEFAN MARGINEANU, VIOREL MUNTEANU, PETRE NEDELESCU, OLARU IOAN, MIHAELA PANA, VASILE PARPALA, CRISTIAN PIRVAN, CONSTANTIN POPESCU, BUJOR ROSCA, SILVIU SAMOILESCU, EUGEN SANDU, IOAN FLORENTIN SANDU, HORATIU VODA

Redactor responsabil: prof. dr. ing. I. VÂRCOLACU
Revizie tehnica: prof. dr. ing. I. VÂRCOLACU
Sef CIDMET: ing. Brândusa Florentina Scortea
Redactor: ing. Brândusa Florentina Scortea
Stilizare: Ioana Kuglay
Tehnoredactare computerizata: Lidia Vereanu

Redactia si administratia: Bucuresti, str. Mendeleev, nr.21-25, sector 1, cod 70168, telefon 6594990

Institutiile pot achita abonamentele în contul nostru de virament nr. 30 15 20 201 BCR-SMB. Costul unui abonament: lei 12000 anual. Costul unui exemplar: lei 1000

Traducere : ing. S. Florea

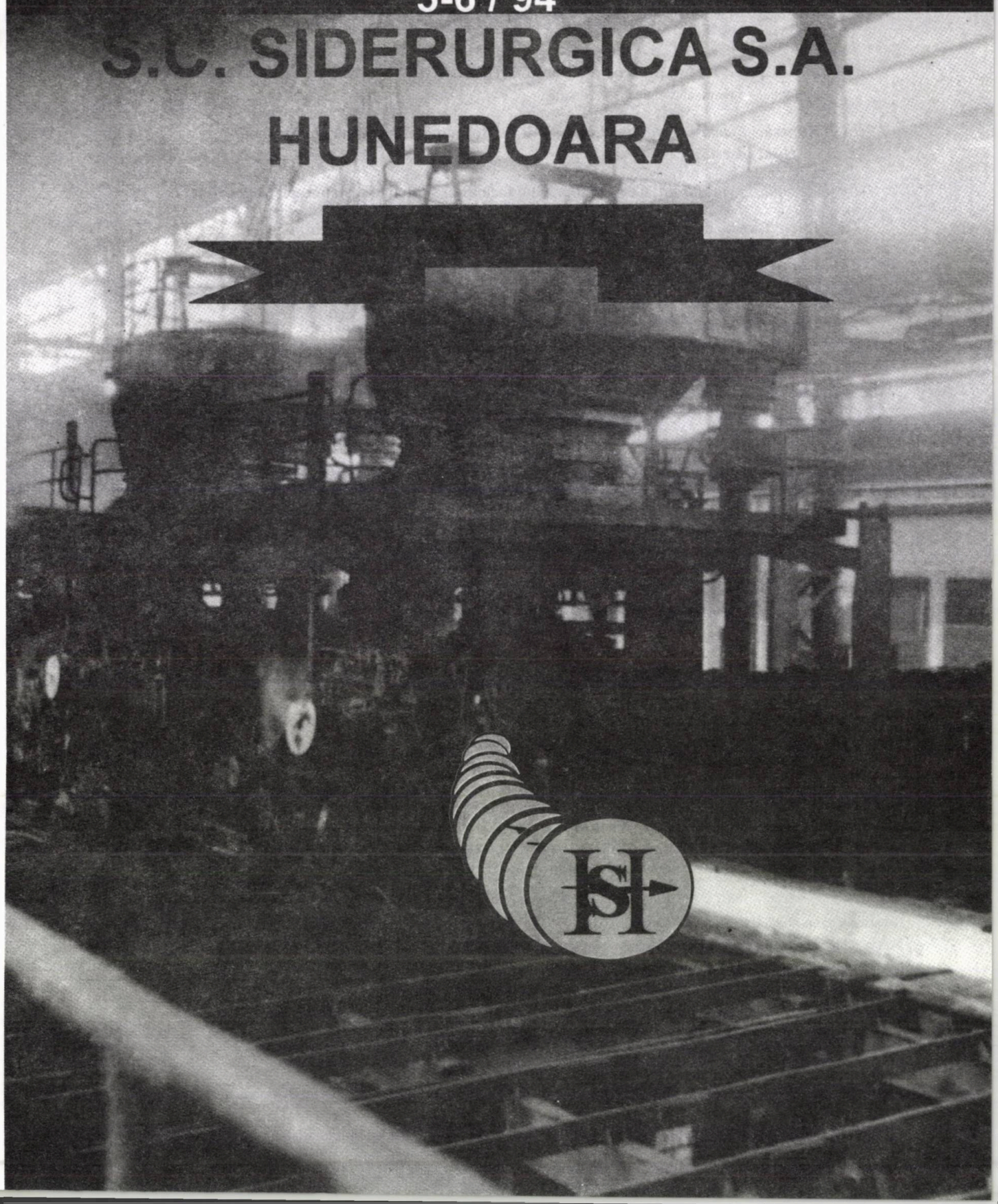
Corectura : Rodica Rosu

METALURGIA

Revista lunara editata de SIDEROM S.A.

5-6 / 94

S.C. SIDERURGICA S.A. HUNEDOARA



Samoilescu Silviu: **Past, present and future at Siderurgica S. A.** - 110 years since the first Hunedoara BF has been started up

Metalurgia 46(1994), nr. 5 - 6, p. *5*

Ioan Romulus, Gaina Constantin: **The history of iron and steel making in Hunedoara region**

The authors consider the milestones of iron and steel making using archaeologic discoveries round Hunedoara and rich literature sources.

They show the evolution of iron making plants from the Hallstatt period ovens to the 19-th century end built blast furnaces in Hunedoara.

Metalurgia 46(1994), nr. 5 - 6, p. *7*

Toth Cornel et al: Blast furnace lining wear evaluation

The authors suggest a method for the evaluation and monitoring blast furnace lining using an algorithm based on heat transfer equations.

Lining wear development is so evaluated for the blast furnace crucible and hearth during its campaign.

Metalurgia 46(1994), nr. 5 - 6, p. *11*

David Iren: **Cokemaking waste recovery**

The paper gives the properties of Hunedoara cokemaking plant waste materials (axles, acid tar, slam and solar oil) which are pollution sources for air and water.

Laboratory tests have helped in finding ways of conditioning and processing waste for cost-effective production of heavy fuel for steel making furnaces and road asphalt in Hunedoara cokemaking plants.

Metalurgia 46(1994), nr. 5 - 6, p. *15*

Ioan Romulus, Ioan Aurora: **Investigations on ingot structure developing and control.**

The authors evaluate tests made at Siderurgica S.A. Hunedoara, aimed at improving steel ingot structure and insist on chill- steel welding zones and on optimal chill mass usable in ingot moulds.

Metalurgia 46(1994), nr. 5 - 6, p. *19*

Riza M. et al: **On continuous raceway, iron and liquid slag temperature measurement possibilities**

The possibilities at using total radiation pyrometer and automatic data recoveling are considered, together with the interdependence between these temperatures, iron analysis and other blast furnace operating parameters.

Metalurgia 46(1994), nr. 5 - 6, p. *24*

Anghelina Dorel: **RH plants have a significant potential in the present process revamping in steel making**

Based on an adequate theoretic background, the authors suggest certain equipment and operation improvements at the existing Siderurgica S.A. Hunedoara plants.

In this context, the process performances are emphasized for the vacuum refining control and for a higher reliability of quality consistency.

Metalurgia 46(1994), nr. 5 - 6, p. *30*

Tripsa Ioan et al: **On nitrogen transfer process in high alloy iron melts**

Nitrogen transfer in high alloyed melts is of both scientific and technical interest due to present demand increase of stainless steel with higher properties.

In this context the paper is a unique approach of the problem of finding an interdependence between process factors and critical transfer paramaters, associated with a test series in lab arid field conditions.

The results confirm that although a diversity of useful methodes exist, they may be integrated in a refining strategy specific to pursued aim and efficient for a wide range of steel grades.

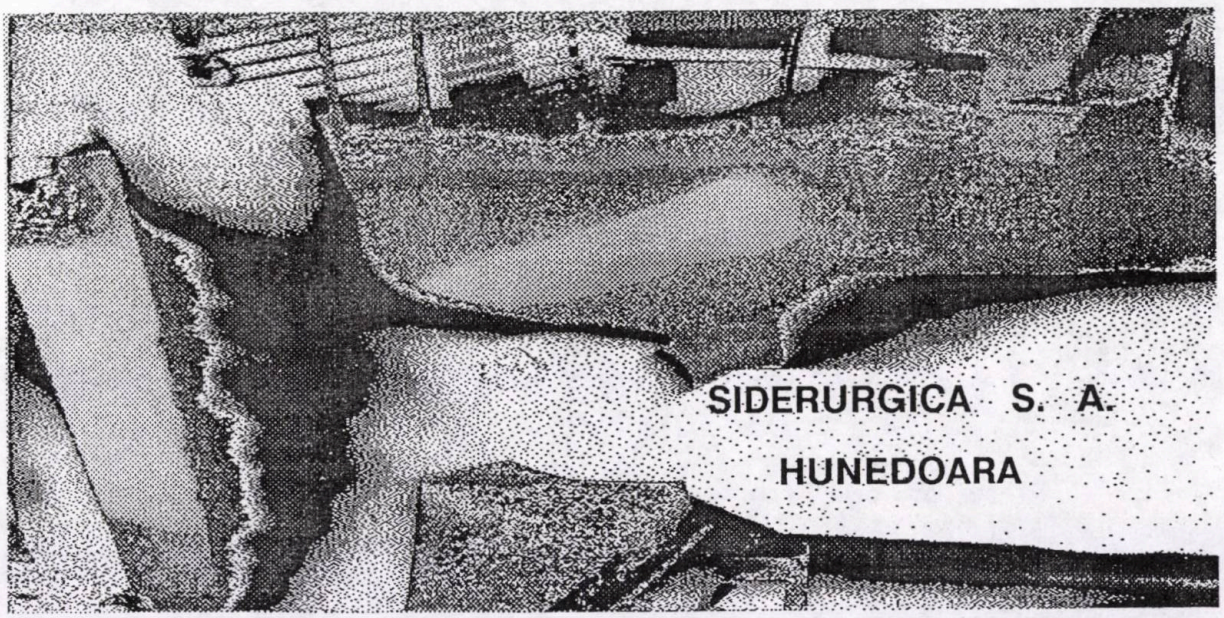
Metalurgia 46(1994), nr. 5 - 6, p. *34*

Lauby et al: **On line heat treatment of wire rods and light round bars**

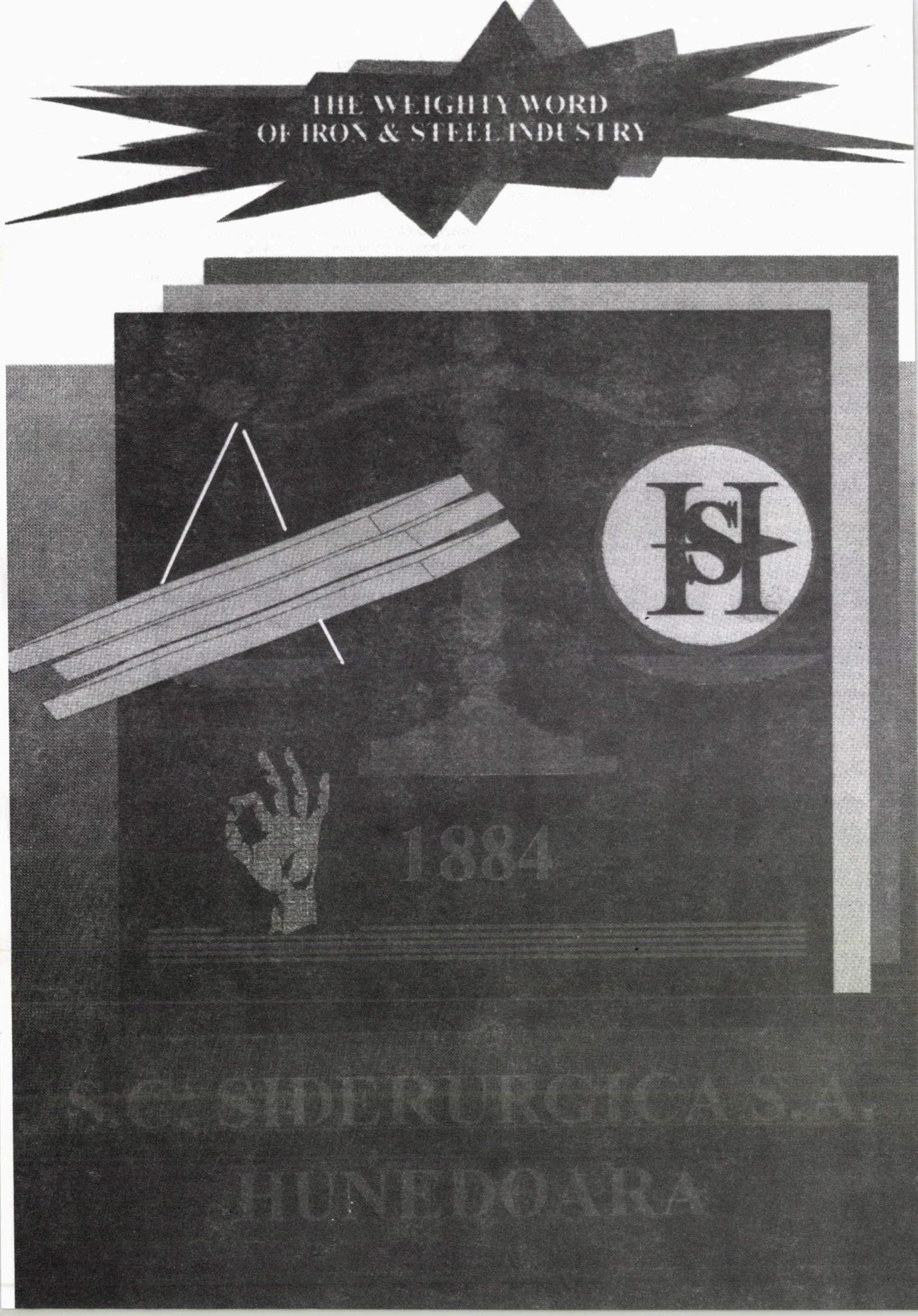
The surface hardening, using rolling end heat, is achieved with an intensive zooling medium - MIST

Due to intensive zooling, higher mechanical properties are achieved in steels with substantially reduced ferro-alloy content. Important cost reductions are thus achieved and the rolled steel is superior in quality.

Metalurgia 46(1994), nr. 5 - 6, p. *38*



THE WEIGHTY WORD
OF IRON & STEEL INDUSTRY



TRECUT, PREZENT SI VIITOR LA "SIDERURGICA" - S.A.

110 ani de la punerea în functiune a primului furnal la Hunedoara

Dr.ing. Samoilescu Silviu - Director General al S.C. Siderurgica S.A. Hunedoara

Motto: " Viitorul trecutului este în viitor.
Viitorul prezentului este în trecut.
Viitorul viitorului este în prezent"

John Mc Hale "The Future of the Future"

12 iunie 1994: se împlinesc 110 ani de la elaborarea primei sarje de fonta, la furnalul construit între anii 1882 si 1884 la Hunedoara. De fapt, este o aniversare care se refera la **epoca "moderna" a prelucrarii minereului de fier** pe meleagurile hunedorene. Mestesugul acestei prelucrari are o vechime cu mult mai mare.

Cea dintâi atestare referitoare la extragerea si prelucrarea fierului în tinutul Hunedoarei apartine marelui dramaturg grec **Eschil** care spunea: " Intre muntele Pharnax si Râul cel mare si greu de trecut se întinde *Patria mama a fierului*". Aceasta afirmatie se refera la tinutul cuprins între Parâng si Mures, deci la asezarile de pe versantul rasaritean al muntilor Poiana Ruscai. Dar urmele extragerii si prelucrarii fierului la Hunedoara vin din departari istorice, din Hallstadt, adica din prima parte a epocii fierului. O lupa gasita în vatra unui cuptor, datata ca apartinând perioadei Hallstadt este cea mai veche piesa din fier expusa la Muzeul fierului din Hunedoara. Din perioada dacica dateaza un mare numar de unelte si arme, care dovedesc ca dacii aveau o adevarata industrie a fierului. Dupa victoria lui Traian asupra lui Decebal, romanii au intensificat exploatarea zacamintelor de fier din zona, folosind traditia si experienta localnicilor. Forma cuptoarelor si tehnologia de extragere a fierului au evoluat de-a lungul vremii, ajungându-se prin secolele IX-X la tipul de cuptor gasit în "Valea Caselor" la 10 km de Hunedoara, expus în prezent la Muzeul Tehnicii din Londra. In evul mediu s-au dezvoltat o multime de ateliere în jurul Hunedoarei, în care cantitati din ce în ce mai mari de minereuri erau prelucrate cu ciocane actionate hidraulic, ceea ce la vremea respectiva reprezenta "tehnologia de vârf".

Necesitatile Imperiului Habsburgic au impus constructia si dezvoltarea uzinei din Hunedoara, care odata cu punerea în functiune a celui de-*al doilea furnal* (**24 mai 1885**) determina deplasarea centrului de greutate al siderurgiei din Transilvania la Hunedoara, care devine în acea perioada cel mai important producator de fonta din Imperiul Austro-Ungar. Productia de otel a început la Hunedoara prin construirea a doua convertizoare Bessemer, începând cu cel din anul 1886 (puse în functiune în 1892) si a doua cuptoare Martin de câte 12 tone capacitate în anul 1892, ajungându-se la o productie de otel de 1600-8000 tone/an.

Concluziile la care au ajuns specialistii dupa o exploatare a cuptoarelor timp de aproape doi ani au fost ca, în conditiile specifice Hunedoarei, procedeul **Martin** prezinta o serie de avantaje fata de procedeul **Bessemer.** In anul 1919, Uzinele de Fier Hunedoara au trecut în patrimoniul statului. In perioada 1927-1941 uzina cunoaste doua etape: în prima etapa se dezvolta sectorul de prelucrare (între 1927 si 1937), iar în etapa a doua (1938-1941) se realizeaza ciclul metalurgic complet prin construirea unei otelarii Martin, cea mai moderna din tara în perioada respectiva (patru cuptoare de 25 t/sarja = 90000 t/an otel lingou; recordul de productie a fost realizat în anul 1965 cu 373000 t/an), si a unui laminor de 800 mm.

O perioada de dezvoltare deosebit de intensa a avut loc la Hunedoara dupa anul 1958, prin punerea în functiune a otelariei Martin nr.2, cu o capacitate proiectata de 3,0 mil.t/an, a cuptoarelor electrice de 20 t si apoi a celor doua cuptoare de 100 t, a laminoarelor bluming 1000 si 1300, a laminoarelor finisoare, care a permis situarea Hunedoarei pe primul loc în tara în ceea ce priveste fabricatia produselor lungi, s.a. Caracteristic pentru aceasta perioada este realizarea unor productii de vârf: în anul 1980 s-au realizat 4068 mil.t otel/an si 2,761 mil.t/an laminate. Sub aspect economico-financiar a avut loc o subventie masiva de catre stat a activitatii de investitii, reparatii capitale, export etc. Au fost fabricate marci de oteluri si produse laminate de înalta tehnicitate, marea majoritate fiind realizata pentru productia interna.

Revolutia Româna din decembrie 1989 a pus în fata siderurgiei hunedorene problema înlocuirii economiei centralizate cu o economie de piata bazata pe optiune si initiativa libera pentru consumator. Practic, aceasta a însemnat eliminarea totala a subventiilor de catre stat, concomitent cu diminuarea resurselor de materii prime si energetice, alinierea

preturilor resurselor energetice la preturile mondiale, "prabusirea " pietei interne ca urmare a reducerii activitatii de investitii si în constructia de masini, ca si a pietei fostului CAER, presiunea problemelor sociale legate de utilizarea fortei de munca si a deteriorarii raportului venituri/preturi, dublata de o recesiune pe plan mondial a siderurgiei, s.a.

Evaluarea posibilitatilor siderurgiei hunedorene a demonstrat în mod dramatic ramânerea sa în urma din punct de vedere tehnologic: elaborarea otelului în cuptoare Martin cu consumuri energetice ridicate, lipsa instalatiilor de turnare continua, produse laminate pentru export de complexitate medie, volum ridicat de reparatii în sectoarele producatoare de baza (cocserie, furnale), randamente energetice reduse, lipsa unui personal cu pregatire adecvata în domeniul economico-financiar.

In aceste conditii dramatice, în cadrul programului de restructurare si modernizare, s-a reusit mentinerea primului loc în fabricatia produselor lungi, stabilizarea productiei la un anumit nivel de rentabilitate, realizarea în ultimii patru ani a unei activitati cu profit (în anul 1993 "SIDERURGICA" a realizat cel mai ridicat nivel al profitului din industria siderurgica românească), realizarea unui nivel de 40% export din productia de laminate (otelul produs de "SIDERURGICA" este în medie cu 15-20% mai ieftin decât cel occidental), concomitent cu o activitate intensa de recalificare si o politica sociala rationala, astfel încât s-a putut evita disponibilizarea personalului; concomitent au fost aplicate un program drastic de reparatii, constând în repararea la cald a bateriilor de cocsificare, terminarea RK cu modernizarea la furnalul nr.7, executarea RK la furnalul 9 s.a, precum si un program de modernizare prin: realizarea si finalizarea instalatiei de turnare continua în colaborare cu firma Mannesmann, construirea cuptorului 3 de la O.E. 2, instalatia de insuflare cu praf de carbune în furnal s.a.

Un remarcabil succes este desigur consolidarea prestigiului de care se bucura otelul si laminatele de la "SIDERURGICA", materializat prin numeroase **premii si distinctii** acordate în special de organismele Pietei Comune, din care amintim: **:International Leading Company Award"** *(Madrid - 1991)*, "EUROMARKET AWARD" *(Bruxelles - 1992)*, "International Award for Commercial Prestige" (Madrid - 1993).

Acest articol nu si-a propus sa faca nici o istorie detaliata a evolutiei siderurgiei hunedorene si nici o analiza tehnico - economica a acestei evolutii. Este mai degraba o profesiune de credinta a unuia dintre participantii la evenimentele care au marcat drumul siderurgiei hunedorene în ultimele trei decenii si care cred cu convingere în viitorul acestei siderurgii.

"Viitorul prezentului este în trecut": este o datorie de onoare ca la aceasta aniversare sa ne reamintim de toti cei care prin stradania, abnegatia si fidelitatea lor au contribuit la prestigiul acestei întreprinderi; pentru cei care nu mai sunt, o pioasa recunostinta, iar pentru contemporani hotarârea actualilor salariati de a pastra nestinsa flacara datoriei exemplar îndeplinite, a dorintei de a mentine, si în conditiile dramatice de astazi, a pozitiei de mare prestigiu a întreprinderii.

"Viitorul viitorului este în prezent": în conditiile în care asistam la o globalizare si liberalizare a comertului mondial (în special dupa semnarea acordului GATT), iar piata se regleaza prin confruntarea între marii producatorii si marii consumatori, "SIDERURGICA" poate participa la aceasta confruntare numai în conditiile unei modernizari rapide (sa nu uitam: din fonduri proprii, nu din subventiile statului!): extinderea procedeului de turnare continua si a metalurgiei secundare, reducerea consumurilor, înlocuirea procedeului de elaborare Martin, modernizarea laminoarelor etc.

In sfârsit, dar nu în ultimul rând, doresc sa aduc un omagiu "actorilor" principali ai "scenariului" siderurgiei hunedorene - salariatii actuali de la "SIDERURGICA". Ei sunt cei care au demonstrat în aceasta perioada dramatica ca sunt demni urmasi ai celor care prin inventivitatea lor au creat cuptorul care asigura **prezenta românească în cel mai mare Muzeu al Tehnicii din lume**, dovedindu-si fidelitatea si atasamentul fata de întreprindere. Lor le închin aceasta cugetare a autorului motto-ului: "Omul supravietuieste numai prin capacitatea sa de a actiona în prezent, pe baza experientei trecute, în temeiul consecintelor viitoare.Prin asumarea viitorului, omul îsi face prezentul suportabil si trecutul semnificativ".

REVISTA REVISTELOR

OGNEUPORÎ, FEDERATIA RUSA, 1993, Nr.1

- *Obtinerea oxidului de magneziu din deseuri dolomitizate, p. 2*
- *Proprietatile fizico-chimice ale pulberii de dioxid de zirconiu partial stabilizate, p. 4*
- *Ceramica pe baza de nitrura de siliciu, p. 6*

CONTRIBUTII LA ISTORIA METALURGIEI FIERULUI ÎN ZONA HUNEDOAREI

Ing. Ioan Romulus, ing. Gaina Constantin - O.S.M.2

Putine orase din lume pot demonstra o vechime si o continuitate neîntrerupta de sapte milenii.

Hunedoara, *aceasta straveche vatra de civilizatie*, este unul dintre orasele în care civilizatiile se suprapun cronologic într-o curgere continua de aproape sapte mii de ani.

Cu aproximativ 7000 de ani î.H., **Starcevo- Cris**, una din cele mai vechi culturi neolitice din România, era raspândita pe aceste meleaguri. In ordine cronologica, culturile Vinca-Turdas, Cotofeni, Witenberg, culturi stravechi ce razbat din negura vremii, au aparut, s-au dezvoltat si au disparut apoi definitiv în valurile istoriei.

Marturie a existentei lor au ramas piesele care sunt expuse în salile Castelului din Hunedoara.

Ne-am permis o succinta enumerare a civilizatiilor anterioare culturii **Basarabi**, încercând sa detaliem în continuare epocile caracteristice fierului.

Prima perioada a fierului este cunoscuta sub numele conventional **Hallstadt** si se întinde între secolele XII si V î.H.

La noi aceasta perioada se suprapune culturii Basarabi. Din aceasta epoca dateaza urmele unei asezari de tip cetatuie tracogetica de pe dealul Sâmpetru - adevarat muzeu în aer liber. Câteva bucati din ceramica refractara si bucati de zgura expuse în Muzeul Fierului din Hunedoara se pare ca sunt singurele piese ce atesta extragerea si prelucrarea fierului în Hallstadt pe teritoriul Hunedoarei.

Profesorul V. Pârvan spunea despre aceasta perioada în lucrarea "Getica": "Adevarata vârsta a fierului în Dacia începe din anul 700 î.H.,...., numita Hallstadt Getic (epoca scitica a fierului)", întrucât tehnica extragerii fierului suporta influenta scitilor, dar acestia gasesc în Dacia "o puternica civilizatie locala, care luase din plin drumul spre formele fierului occidental".

Despre a doua epoca a fierului, H.Daicoviciu spunea în lucrarea sa "**Dacii**": "*La începutul secolului al III-lea intervine în Transilvania un factor extern care grabeste, ..., dezvoltarea fireasca a societatii autohtone. Acest factor îl constituie celtii*".Din a doua perioada a epocii fierului, LaTène, dateaza o multime de arme, unelte, scule, podoabe si alte obiecte din fier, care s-au descoperit pe teritoriul Daciei si în special în apropiere de zacamintele de fier de la Ghelar si Teliuc. Reducerea fierului se facea în cuptoarele cu vatra deschisa. Datorita faptului ca de cele mai multe ori aceasta operatie se efectua în locul de unde se extrage minereul, prin exploatarea intensa a minereului de fier din zona s-au sters eventualele urme arheologice.

Aparitia puternicului stat dac în perimetrul muntilor Carpati este strâns legata de dezvoltarea mestesugului prelucrarii fierului. Astfel, profesorul V.Pârvan în lucrarea "**Dacii**" afirma: "*Vecinatatea minelor de fier cu puternicele cetati dacice din Ardealul de sud-vest n-a putut sa fie în nici un caz întâmplatoare*", iar profesorul H. Daicoviciu în lucrarea "**Dacii**" face urmatoarea afirmatie: "*Dacii din Transilvania, odata angajati pe drumul de tip LaTène, îi întrec pe fratii lor de dincolo de Carpati. Cauza e usor de gasit; în Transilvania, în imediata apropiere a Muntilor Orastie, s-au exploatat înca din vechime mari resurse materiale, minereu de fier de la Ghelar si Teliuc,....*".

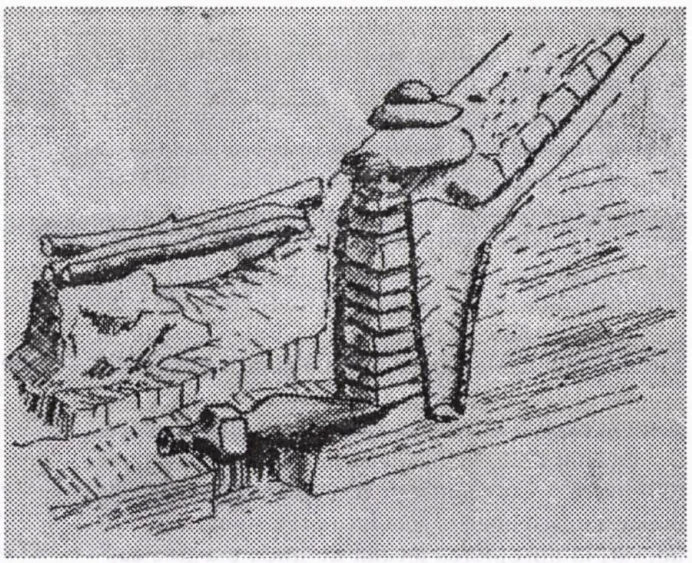


Fig. 1
Ateliere din epoca romana, din comuna Teliuc
Roman age shops in Teliuc village

Dupa cucerirea Daciei de catre romani, extragerea si prelucrarea fierului în tinutul Hunedoarei au luat o amploare nemaiîntâlnita pâna atunci. Este cunoscut faptul ca romanii nu au facut export de tehnologie; ei continuau si chiar intensificau ex-

ploatarea bogatiilor din teritoriile ocupate, folosind lucratorii si tehnologia autohtona. La hotarul comunei Cincis s-a descoperit o necropola unde, în morminte de tip dacic, alaturi de cel înhumat s-au gasit bucati de minereu de fier, dovada ca cel înhumat s-a ocupat de extragerea fierului. Cam din aceeasi perioada dateaza atelierele descoperite în perimetrul comunei Teliuc, care sunt prezentate în figura 1. De remarcat ca alaturi de cuptoarele cu vatra deschisa s-au gasit gropi în care se raceau obiectele din fier produse aici.

Aceasta dovedeste ca marii mesteri fierari din zona cunosteau si stapâneau cele mai avansate tehnologii de prelucrare a fierului din acea vreme, cum ar fi aplicarea tratamentului termic dirijat.

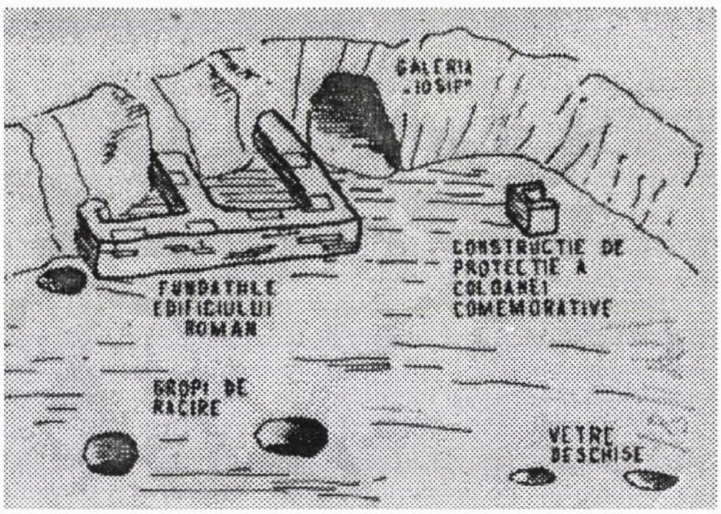


Fig. 2
Cuptorul descoperit pe Valea Caselor (sec. IX)
Valea Caselor furnace, IX century

Despre importanta deosebita pe care la vremea respectiva a avut-o, pentru romani, exploatarea fierului în tinutul Hunedoarei vorbesc cele *doua coloane comemorative* descoperite la **Teliuc** (fig.1) si **Alba-Iulia**. Prima coloana este ridicata de doi conducatori romani în semn de recunostinta fata de împarat. In calitate de arendasi ai minelor si atelierelor din zona, ei erau foarte multumiti de câstigurile pe care le aduceau acestea. In textul coloanei de la Alba-Iulia se mentioneaza sarbatorirea **deschiderii unei noi mine de fier** în apropierea Hunedoarei.

Dupa retragerea stapânirii romane de pe teritoriul Daciei, probabil cererea de fier a scazut. Totusi, extragerea si prelucrarea fierului în zona au continuat, perfectionându-se metodele de reducere a fierului în cuptoare tot mai evoluate, astfel încât evolutia tehnologiei de obtinere a fierului poate fi urmarita la Hunedoara în toate etapele ei: de la cuptorul primitiv cu vatra deschisa, cuptorul cu cuva pâna la furnal, cuptor pentru afinarea fontei pe vatra etc.

In anul 1825 s-a descoperit în Valea Caselor, la câtiva kilometri de Hunedoara, un cuptor cu cuva din secolul al IX-lea (fig.2), a carui macheta se afla în prezent expusa la Muzeul Tehnicii din Londra.

In anul 1926, V. Pârvan atrage atentia în lucrarea sa "Getica": "Cercetarile pe teren în regiunile bogate în fier ale tarii noastre sunt înca prea sumare...". Intr-adevar, în apropierea locului de unde s-a scos cuptorul în anul 1825, mai exista cel putin înca un cuptor identic, în stare avansata de degradare.

Cuptorul din Valea Caselor este unicul cuptor de acest tip descoperit în Europa.

Nu stim exact când a aparut pentru prima data pe aceste meleaguri roata actionata hidraulic. Cert este însa ca, o data cu aparitia ei, fierariile s-au retras încet de pe dealurile Ghelarului si din împrejurimi, jos, pe firul apelor. Incet, productia de fier a crescut, iar atelierele de prelucrare au evoluat.

Neavând documente scrise putem presupune ca fierariile Hunedoarei functionau din plin pentru a produce armele necesare armatelor lui Iancu de Hunedoara, în înclestarea sa cu turcii din prima jumatate a secolului al XV-lea. Prima marturie documentara din aceasta epoca despre minele de fier din tinutul Hunedoarei dateaza din anul 1493. In anul 1509, stapânul domeniului Hunedoara din acea vreme, contele de Brandemburg, dona unui nobil un loc în hotarul comunei Byres (lânga Tulia), ca sa-si organizeze acolo o topitorie de fier. Tot mai frecvent în documentele vremii încep sa apara atelierele de la Toplita, Nadrab, Cerna. Apar si mentiunile: atelier de tip nemtesc si atelier de tip românesc (olah).

Atelierele de tip nemtesc erau organizate astfel: într-o incinta cuptorul sau cuptoarele de reducere a fierului si în alta incinta, în imediata apropiere, cuptoarele pentru încalzit fierul pentru forjare, împreuna cu instalatiile hidraulice de forjare. Intre cele doua incinte se afla roata actionata hidraulic, care deservea atât foalele de insuflat aer în cuptoarele de reducere cât si pe cele de încalzit fierul în vederea forjarii, precum si ciocanele de forja.

In atelierele de tip românesc, atât cuptoarele de reducere a fierului cât si cuptoarele pentru încalzit fierul în vederea forjarii,precum si ciocanul de forja erau amplasate în aceeasi incinta.

In aceste ateliere exista o foarte exacta diviziune a muncii, o mare parte din populatia din zona fiind prinsa în aceasta activitate. Fierariile lucrau aproximativ 15-26 saptamâni din an, în functie de conditiile climaterice. Majoritatea celor care deserveau aceste ateliere erau iobagi, care pe lânga munca lor în atelier aveau obligatii si fata de stapâni. In perioada campaniilor agricole se întrerupea activitatea în fierarii. Perioadele de lucru erau de la 20 martie la 13 iulie, cu câte o întrerupere de o jumatate

de saptamâna de Pasti si de Rusalii. Se relua activitatea la începutul lui septembrie si se încheia la sfârsitul lui noiembrie. Pentru fiecare atelier numarul muncitorilor era în medie de 33, având fiecare sarcini precise.

Începând cu secolul al XVII-lea, documentele care fac referiri la domeniul Hunedoarei se înmultesc. Scrierile din anii 1672, 1673, 1674, 1681, 1682 releva cu o mare exactitate stadiul social-economic, conditiile în care se exploata si prelucra minereul de fier si inventarele fiecarui atelier.

Amintim aici de cele cinci mari fierarii ale domeniului Hunedoarei: Plosca, Limpert, Nadrab, Toplita si Baia Noua, la care se adauga Atelierele Princiare Cerna si alte 12 ateliere rasfirate pe vaile apelor Cerna, Runc si Zlasti si care functionau independent.

Pentru a ne face o imagine asupra productiei de fier la acea vreme, amintim ca în anul 1720 productia totala a celor cinci ateliere ale domeniului era de 163108 kg. Pretul fierului se stabilea prin licitatie, iar Hunedoara era renumita ca fiind o foarte buna piata de metal a Transilvaniei. Multa vreme **Hunedoara** era tradusa în limba germana prin "**Eisenmarkt**" *(piata de fier)*.

Sediul tranzactiilor cu metal si actele se întocmeau în Castelul din Hunedoara, care era în acea vreme sediul fierariilor de pe domeniul Hunedoara.

Începând cu secolul al XVIII-lea, pe masura ce vechile relatii economice de tip feudal erau înlocuite cu relatiile de tip capitalist, productia de fier creste continuu. Datorita interesului deosebit pentru productia de fier în zona Hunedoarei, din anul 1725 detinatorul mijloacelor de productie a fost în exclusivitate statul.

Primul furnal din zona Hunedoara apare în documente în anul 1750 ca fiind în plina activitate. Este vorba despre furnalul de la Toplita, care livra fonta pentru atelierele cu vetre de afinare (Atelierul Nou, Baia Noua etc.). Volumul furnalului era în anul 1788 de 6,94 m^3, iar productia de fonta era relativ constanta, cuprinsa între 33,8 si 38,8 t saptamânal, o scoatere de 37,25 - 40,5% si un consum de mangal de 1095 kg/tona de fonta. Furnalul a functionat pâna în 15 ianuarie 1837, când un incendiu a distrus cladirea si instalatiile anexe.

Activitatea de minerit si industrie din Transilvania la sfârsitul secolului al XVIII-lea era coordonata de un oficiu al Curtii Imperiale din Viena, condus de un consilier financiar regal, iar în subordinea acestuia se afla Thesaurariatul Transsylvaniae care controla si aproba întreaga activitate economica. Sub coordonarea Thesaurariatului se afla "Directiunea" din Hunedoara a uzinelor din sudul Transilvaniei, la început imperiale, apoi regale, numita în general Administratie si având sediul tot la Castelul Corvinilor.

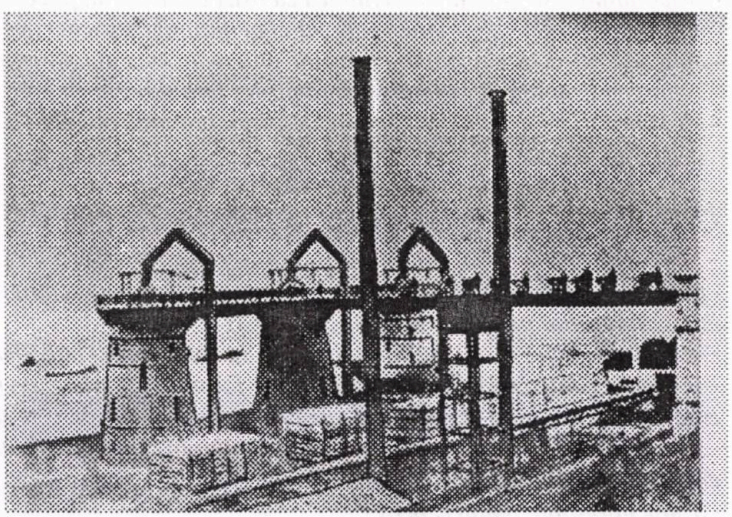
Oficiul de la Toplita, care avea în subordine furnalul si care era coordonat de Hunedoara, s-a numit "Oficiul furnalistic si de forje".

Pentru a raspunde cerintelor tot mai mari de fonta, Thesaurariatul din Sibiu dispune prin ordinul nr.478 din 18.II.1802 construirea unui furnal nou de capacitate mai mare. Dupa studii îndelungate, începe constructia furnalului de la Govajdie (18 km de Hunedoara), care da prima sarja de fonta în aprilie 1813. Acesta era unul din cele mai moderne furnale la acea vreme, functionând cu aer preîncalzit, iar instalatiile de preîncalzire s-au schimbat de-a lungul anilor în pas cu progresul tehnic. Volumul util al furnalului a variat între 26,0 m^3 în anul 1910 si 44,0 m^3 în anul 1903. Productia de fonta, spre exemplu, în anul 1871 era de 5605 t/an, iar în anul 1889 de 8800 t/an.

La sfârsitul secolului al XIX-lea, nevoia acuta de metal impusa de campaniile militare ale imperiului Austro-Ungar, precum si ramânerea în urma din punct de vedere tehnologic a vechilor ateliere au impus construirea unei uzine de mare capacitate. Luând în calcul toate elementele social-politice si economice de la sfârsitul secolului al XIX-lea, Directia Centrala a Siderurgiei a aprobat în noiembrie 1881 construirea uzinei siderurgice în perimetrul orasului Hunedoara.

Constructia începe în luna august **1882**, primele obiective fiind doua furnale de 110 m^3. Pornirea primului furnal s-a facut la 12 iunie 1884.

Data de **12 iunie 1884** a fost o zi de mare sarbatoare- a curs prima sarja de fonta din primul furnal al Hunedoarei. Dupa pornirea celui de-al III-lea furnal începe dezvoltarea sectorului de producere a otelului prin construirea a doua cuptoare Martin si a doua convertizoare Bessemer.



Furnalele nr. 1, 2 si 3 la sfârsitul secolului al XIX-lea
No 1,2 and 3 BF, end of 19th century

Acest nucleu a stat la baza societatii siderurgice care s-a dezvoltat până în stadiul actual.

Producatorii fierului sunt locuitorii împrejurimilor Hunedoarei, cu precadere padureni sau oameni asezati aici, asimilati. In documentele vremii rar sunt pomeniti ca "oameni straini" dar si atunci sunt amintiti numai în întelesul de oameni din afara zonei Hunedoarei.

Referitor la fieraritul din zona Hunedoarei academicianul David Prodan spunea în prefata lucrarii "**Din istoria Transilvaniei**": *"Am staruit pe larg asupra fierarítului Hunedoarei, fierarit atât de românesc, cultivat de secole de-a rândul de padureni, ca un exemplu demonstrativ al prezentei copioase a românilor în viata industriala a tarii".*

Hunedoara, aceasta straveche vatra siderurgica, este cladita pe experienta de milenii a fierarilor de altadata, care au transmis din timpuri îndepartate arta prelucrarii fierului celor ce lucreaza astazi la S.C. "SIDERURGICA" S.A.

BIBLIOGRAFIE

[1] **Daicoviciu H.** : Dacii. Chisinau, Ed. Hyperion, 1991, p.29

[2] **Pârvan V.**: Getica. Bucuresti, Editura Meridian, 1982, p.174

[3] **Pârvan V.**: Dacia. Bucuresti, 1932

[4] **Floca Ov., Valea M.**: *Villa rustica si necropola daco - romana de la Cincis., ACTM MN, 1965, p.165*

[5] **Chindler N.** s.a.: Combinatul Siderurgic Hunedoara - Traditie si progres în industria siderurgica 1884 - 1974, Sibiu, Ed. pentru turism, 1974

[6] **Prodan D.**: *Productia fierului pe domeniul Hunedoara în sec. XVII.* Anuarul Institutului de istorie din Cluj, I-II, 1958/1959, p.29

[7] **Prodan D.:** Din istoria Transilvaniei. Ed. Enciclopedica, Bucuresti, 1991

[8] **Latinak G.:** Uzinele de fier regale maghiare din Hunedoara. Budapesta, Palas, 1906

REVISTA REVISTELOR

OGNEUPORÎ, FEDERATIA RUSA, 1993, Nr.1

- Obtinerea spinelului pulverulent alumomagnezian cu utilizarea prin inductie a plasmotronului de înalta frecventa, p. 12
- Influenta temperaturii asupra procedeului de nitrurare a siliciului, p. 14
- Determinarea anhidridei fosforice în produsele gazoase rezultate din tratamentul termic al maselor argiloase de samota pe baza de acizi ortofosforici, p. 17
- Determinarea scandiului în ceramica cu oxizi de zirconiu, p. 20
- Metoda de alegere a parametrilor optimi ai turnarii cu slicher , p. 21
- Materiale refractare obtinute din zgura prin reducerea alumotermica a niobiului, p. 24
- Tehnologie rapida de obtinere a caramizilor fara samota cu porozitate foarte mare, p. 27
- Mecanismul de destupare a paharelor pentru turnarea otelului, p. 30

GIESSEREI, GERMANIA, 1993, Nr. 23

- Calitatea - un scop al învatamântului si componenta a structurii întreprinderii. Gânduri în legatura cu formarea inginerilor turnatori, p.787
- Al 60-lea Conges Mondial de Turnatorie la Haga. Nivel bun, dar participare slaba, p.791
- Influenta caracteristicilor materialelor de formare cu adaos de rasini cu întarire la rece, asupra eforturilor evitabile la formare si dezbatere. Partea I - capacitatea de curgere si durata de prelucrare, p.796
- Structura planificarii termenelor si capacitatilor în turnatorii. Partea a 3-a. Asistenta prin EDV. Rezultatele unei anchete la ofertanti, p.802
- Scurte informatii tehnice, p.15

CERCETARI PRIVIND FORMAREA SI DIRIJAREA STRUCTURII LINGOURILOR

Ing. Ioan Romulus, ing. Ioan Aurora - O.S.M.2

C.Z.: 621.771

Consideratii generale

Solidificarea unui volum mare de otel este asociata cu contractii importante, independente de gradul de puritate, lucru care conduce la deteriorarea sensibila a structurii otelului si la aparitia de neomogenitati chimice si structurale în lingoul de otel.

Problema care trebuie rezolvata, pentru atenuarea deficientelor rezultate la solidificarea clasica, este adoptarea unei metode eficiente de evacuare a caldurii din otelul în curs de solidificare.

Eliminarea rapida a caldurii se realizeaza prin crearea unui gradient brusc de temperatura în zonele aflate în solidificare, precum si în restul lichidului. In acest caz trebuie sa fie preluata, pe lânga caldura de supraîncalzire, si caldura fizica de racire a stratului de otel care s-a solidificat. Parametrul de baza în care se poate dirija structura cristalina este influentarea gradientului de temperatura din faza lichida învecinata cu frontul de solidificare al lingoului.

Micsorarea succesiva a gradientului de temperatura în faza lichida la una si aceeasi compozitie a otelului lichid duce la trecerea treptata a frontului plan de solidificare la cel celular. La micsorarea în continuare a acestui gradient, frontul celular tinde spre cresterea dendritica a cristalelor.

Posibilitatea trecerii de la frontul de solidificare plan la cel celular se determina cu relatia:

$$\frac{G_L}{v} \leq \frac{mC_0}{D}\left(\frac{1-K_0}{K_0}\right) \qquad (1)$$

iar spre cresterea dendritica cu relatia:

$$\frac{G_L}{v^{1/2}} \leq \frac{A \cdot C_0}{K_0} \qquad (2)$$

unde:

G_L este gradientul de temperatura în faza lichida a lingoului ($G_L = \frac{dT}{dm}$);

v - viteza de cristalizare a lingoului;

C_o - concentratia initiala a impuritatilor în aliajul lichid;

K_o - coeficientul de repartitie al impuritatii;

D - coeficientul de difuzie al impuritatilor în lichid;

m - unghiul de înclinatie al curbei lichidus de pe diagrama de echilibru a aliajului;

A - constanta determinata experimental.

Daca se considera ca racirea se face continuu pe unitatea de volum otel lichid, rezulta relatia:

$$\frac{dQ}{dt} = \left\{C_S V(t) + C_L[1 - V(t)]\right\}\frac{d\Delta T(t)}{dt} + L_v\frac{dV(t)}{dt} \qquad (3)$$

unde:

C_S este caldura specifica medie a solidului pe unitatea de volum;

C_L - caldura specifica medie a lichidului pe unitatea de volum;

V(t) - volum solidificat din topitura la timpul t;

$\Delta T(t)$ - subracirea topiturii la timpul t;

L_v - caldura latenta de solidificare pe unitatea de volum.

Scheme de obtinere a structurilor omogene echiaxiale

1. Crearea în volumul de metal lichid al lingoului a unui gradient minim de temperatura G_L, care sa se încadreze în limitele domeniului de cristalizare al otelului. In acest caz germinarea cristalelor se va produce în acelasi timp în întreg volumul de lichid. Micsorarea gradientului de temperatura în lichid se realizeaza prin scaderea temperaturii de turnare a otelului, adaos de materiale solubile si microracitori care sa permita o puternica subracire.

2. Formarea de centri de cristalizare într-o zona cu doua faze, înaintea frontului de solidificare, si deplasarea succesiva a acestei zone de la periferie spre axa lingoului. Presiunea ferostatica din lichid permite patrunderea acestuia în porii de contractie formati în suprafata ca urmare a procesului de cristalizare.

3. Introducerea în otelul ce patrunde în lingotiere a catalizatorilor care sa provoace formarea eterogena a germenilor de cristalizare ce conduce la micsorarea dimensiunilor grauntilor în lingoul turnat.

Daca în topitura exista germeni eterogeni care pot provoca formarea germenilor la subracire ΔT, atunci în volumul de otel vor aparea cu precadere cristale echiaxe. Conditia unei asemenea cristalizari se poate exprima cu relatia:

$$\frac{G_L}{\omega} < \frac{mC_0(1-k_0)}{Dk_0} - \frac{\Delta T(t)}{\omega b} \qquad (4)$$

unde:

b este grosimea stratului limita de difuzie îmbogatit cu material solubil, care aproximativ are valoarea

$$b \approx D/\omega.$$

Diametrul d al cristalelor columnare în aliajul topit imobil, pentru care este necesar un gradient de temperatura care sa permita înaintarea frontului de solidificare, se poate determina cu relatia:

$$d \approx \frac{D}{2\pi R}\left\{1+\left[1+\frac{16\pi^2\omega}{D}\left(\frac{0{,}6\sigma}{\Delta S G_0}\right)^{1/2}\right]^{1/2}\right\} \quad (5)$$

unde:

σ este tensiunea interfazica;

S - entropia de topire;

G_0 - gradientul de temperatura în partea superioara a cristalului.

Analiza efectuata asupra posibilitatilor de dirijare a procesului de cristalizare a structurii a aratat ca parametrii de baza sunt: gradientul de temperatura în fazele lichid-solid, lungimea zonei bifazice, cinetica separarii fazelor solide, proprietatile termofizice ale aliajului considerat.

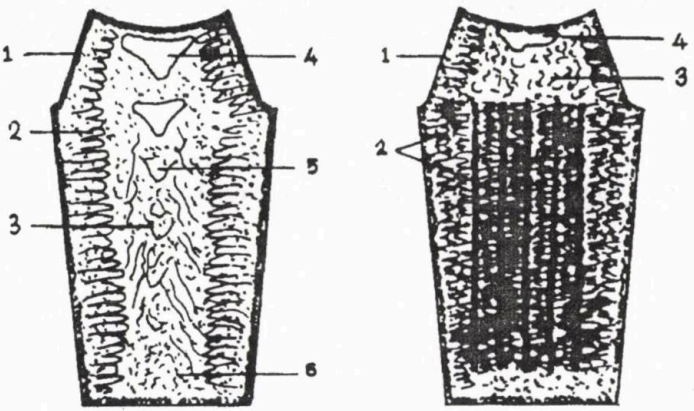


Fig. 2

Comparatie între structura unui lingou conventional si structura unui lingou cu insertie

Conventional ingot versus chill ingot structure

Conditii experimentale

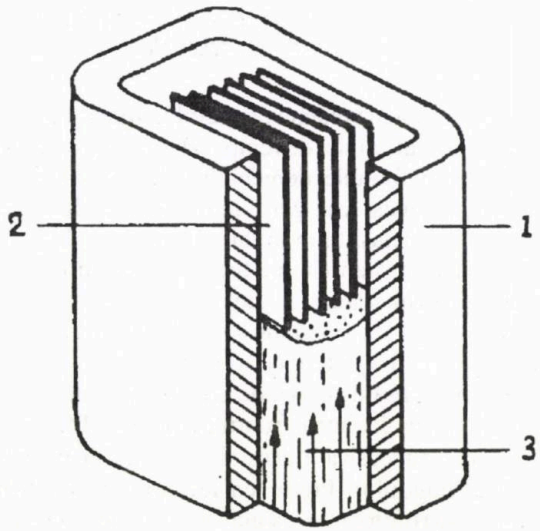


Fig. 1

Turnarea unui lingou de otel cu insertii

Steel ingots casting with chill

Insertiile (2), redate în figura 1, sunt plasate în lingotiera (1) si împart metalul lichid (3) în sectoare ce se afla în legatura unul cu altul. Dimensionarea microracitorilor se face în functie de volumul de metal lichid care se toarna în lingotiera.

Insertiile reprezinta cristalizatori interni si sunt realizate din tabla cu suprafete bine curatate de oxizi, cu grosimea de 3-5 mm, rigidizati într-un cadru din sârma de ϕ 6 mm care sa permita suspendarea pe marginea lingotierei.

S-au efectuat turnari de otel marca OL37-2k, OL52-2k în lingotiere de 80-150 kg, pentru a studia zonele de cristalizare si de sudura, urmând a extinde metoda de ameliorare a structurii otelului la lingourile mari destinate forjarii.

Studii si cercetari

S-au turnat consecutiv din aceeasi sarja de otel doua lingouri, un lingou cu insertie si unul fara insertie. Experimentarile au fost efectuate pentru mai multe marci de otel.

Au fost prelevate probe pentru studiul la microscop, urmarindu-se cu precadere zonele de solidificare a otelului în apropierea insertiilor.

In figura 2 este comparata structura unui lingou de otel obisnuit cu structura unui otel în care au fost introduse insertii.

Efectul insertiilor si cel al microracitorilor s-au studiat în mai multe situatii, dupa: forma racitorilor (placi, retele de sârma, pulberi, miez paralelipipedic plin); cantitatea de microracitori în masa de otel lichid; modul de adaugare a insertiilor (insertii preexistente în lingotiere înaintea turnarii otelului si microracitori care se adauga în timpul umplerii lingotierei cu otel).

In urma studiului la microscop al probelor metalografice s-a putut observa ca în lingoul cu insertie se obtine o finisare a structurii grauntelui, lucru care duce la o omogenitate chimica. In figurile 3 si 4 este prezentata microstructura obtinuta pe lingourile turnate din aceeasi marca de otel OL37-2k, cu insertii tip placa din otel OL37-2k.

S-a observat ca daca suprafetele insertiilor nu sunt bine curatate de oxizi pe interfata de contact otel-insertie pot aparea produsi de reactie (fig.6).

In figurile 5 si 6 sunt prezentate suprafetele de sudura otel- insertie în cazul marcii de otel OL52-2k cu insertie din otel OL37-2k. In figura 5 este prezentata sudura perfecta dintre otelul turnat (structura perlitica - nuanta închisa) si insertie (structura feritica - nuanta deschisa). Daca numarul de insertii este de

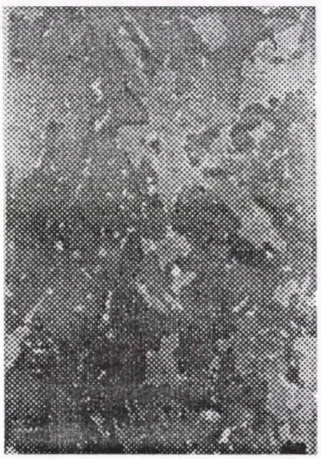


Fig. 3
Microstructura, proba din otel marca OL37 turnat în lingotiera cu insertie, prelevata din centru; 50 x 1; atac Oberhoffer
OL37.2K steel microstructure; casting in ingot moulds with chills

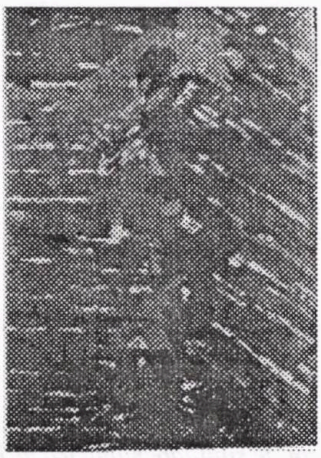


Fig. 4
Microstructura, proba din otel marca OL37-2k turnat în lingotiera fara insertie, prelevata de la margine; 50 x 1; atac Oberhoffer
OL 37-2k steel microstructure without chills in mould

Fig. 5
Microstructura, proba din otel marca OL52-2k, cu insertie OL37-2k, sudura perfecta; 50 x 1; atac Nital 2%
OL 52 - 2k steel microstructure with OL37-2k chills; perfect welding

Fig. 6
Microstructura, proba din otel marca OL52-2k cu insertie OL37-2k, sudura imperfecta; 50 x 1; atac Nital 2%
OL 52 - 2k steel microstructure with OL37-2k chills; imperfect welding

3-5 placi se obtine un lingou cvasimonolitic, aparând structuri multistrat cu efecte benefice pentru proprietatile de deformare plastice si mecanice (limita de curgere, alungire, rezistenta).

Au fost efectuate turnari de otel 0,50% C în lingotiere în care s-a amplasat în centru o insertie (0,12% C) confectionata dintr-o bara care reprezenta mai mult de 10% din masa lingoului, cu suprafete bine curatate de oxizi. S-a obtinut dupa deformare plastica, prin forjare, o structura bine sudata, formata din doua zone distincte. S-a realizat si turnarea în jurul unei insertii cu 0,50% C de otel cu 0,10% C.

Aceste modalitati de turnare a otelului lichid permit obtinerea unor oteluri cu variatie de structura si de proprietati în sectiunea transversala.

Concluzii

Lingourile cu calitati deosebite pot fi produse prin utilizarea cristalizatorilor interni.

Modalitatea de turnare este o alternativa pentru ameliorarea structurii-reducerea retasurii lingourilor mari.

Când masa insertiei depaseste o anumita limita se poate obtine o structura bimetal, cu proprietati controlate.

BIBLIOGRAFIE

[1] **Tiller W.A.**: Liquid Metals and Solidification. Cleveland ASM, 1958

[2] **Tiller W.A.**: In: Journal of Iron and Steel Institute, vol.192, nr.4, 1959, p.238

[3] **Medovar B.I.**: *Improving ingot solidification by incorporating inserts*. In: Steel Times International, ian. 1990, p.43

[4] **Tiller W.A.**: *Isothermal Solidification of Fe-C and Fe-C-Si Alloys., Detroit 16-18 iunie, 1964, p.129*

[5] **Efimov V.A.**: *Turnarea si cristalizarea otelurilor.* Editura Tehnica, Bucuresti, 1980

REVISTA REVISTELOR

REVUE DE METALLURGIE, FRANTA, 1993, Nr. 9

- *Difractia fasciculului de electroni convergent: de la analiza structurala la aceea a interfetei si defectelor, p.1074*
- *Structura materialelor necristaline dezordonate: metodele variatiei contrastului, p.1075*
- *Caracterizarea defectelor si microstructurilor prin topografia determinata prin radiatie de neutroni si sincrotrona, p.1076*
- *Studiul suprafetelor si interfetelor prin reflectometrie de raze X si neutroni, p.1077*
- *Pretratamentul în morfologia matematicii, p.1078*
- *Caracterizarea microstructurii prin teoria prafurilor, p.1079*
- *Utilizarea analizei de imagini în siderurgie, p.1080*
- *Caracterizarea cantitativa a microstructurii aliajelor pe baza de Ni, p.1081*
- *Masuri pe functii: caracterizarea parametrica a imaginilor în trepte de gri si utilizarea la suprafete neplane, p.1082*
- *Prognozarea îmbunatatirii în folosinta a pieselor din otel inox austenito-feritic turnate, p.1083*
- *Instabilitatea microstructurala a otelurilor austenito-feritice îmbatrânite la temperaturi intermediare (300-500^{0}C), p.1084*
- *Metodele care permit evaluarea îmbatrânirii in-situ a otelurilor turnate austenito-feritice, p.1085*
- *Comportamentul la coroziune al aliajelor de Zr cu sau fara iradiere, p.1086*
- *Imbatrânirea prin iradiere a pieselor din otel inox, p.1087*
- *Factorii metalurgici ai tenacitatii otelului pentru recipiente, p.1088*
- *Efectul iradierii asupra caracteristicilor mecanice ale otelului pentru recipiente, formulele de prognozare, efectul segregatiilor, p.1089*
- *Mecanismele de fragilizare a otelurilor pentru cazane prin iradiere, p.1090*
- *Coroziunea la compresie a aliajelor de Ni; influenta parametrilor metalurgici, chimici si fizico-chimici, p.1091*
- *Structura atomica, compozitia si difuzia la interfete; aportul metodelor de simulare numerica, p.1092*
- *Simularea numerica în chimia structurala, p.1093*
- *Structuri celulare: aplicatii la policristale, p.1094*
- *Termodinamica si transportul de material, catre depunerea chimica de vapori (CVD) a cipurilor, p.1095*
- *Câteva probleme de formare electromagnetica, p.1096*
- *Modelarea tratamentului termic al otelurilor; de la concepte la simularea procedeelor, p.1097*
- *Curgeri granulare: câteva simulari numerice, p.1098*
- *Structura si termodinamica monostructurilor sticloase si cristaline, p.1099*
- *Elaborarea prin mecanosinteza a materialelor cu nanostructura (aliaje metalice, semiconductori, materiale ceramice), p.1100*
- *Comportamentul mecanic al nanomaterialelor, p.1101*
- *Dispersia nanoparticulelor în matrice ceramice si metalice, p.1102*
- *Studiu structural în functie de temperatura al superaliajelor pe baza de Ni nanocristaline prin difractometrie de neutroni si raze gamma, p.1104*
- *Studiul aliajelor amorfe nanosegregate prin difuzie centrala sub radiatie sincrotrona, p.1105*
- *Folosirea difractiei de raze X cu incidenta razanta la studiul microstructural al unui otel 316 L implantat cu N_2, p.1106*
- *Complementaritatea procedurilor masurarilor cu raze X si cu neutroni pentru determinarea tensiunilor reziduale într-un compozit cu matrice metalica, p.1107*
- *Influenta tensiunilor reziduale asupra comportarii la tractiune a unei epruvete turnate cu crestatura dubla, p.1108*
- *Analiza prin difractie de raze X a evolutiei tensiunilor reziduale legate de gravarea de linii într-un cip de wolfram depus prin vaporizare pe un suport de Si, p.1109*
- *Studiul microstructurii de deformare prin difractie de "mare rezolutie": contributia interfetelor si a interiorului celulelor de dislocatie, p.1110*
- *Influenta oboselii termice asupra repartitiei tensiunilor într-o pelicula depusa cu bec de plasma pe otelul Z38CDV5, p.1111*

DIRECTII DE VALORIFICARE A UNOR REZIDUURI DIN PRODUCTIA COCSOCHIMICA

Ing. David Ireu - Centrul de Cercetare-Proiectare

C.Z.: 669.162.16

Uzina cocsochimica de la Hunedoara, realizata pe baza proiectelor elaborate în perioada 1948-1960, functioneaza si în prezent cu tehnologii specifice deceniilor trei si patru, a caror caracteristica generala consta într-o intensa poluare a mediului înconjurator si în producerea unor cantitati însemnate de reziduuri haldate.

Haldarea reziduurilor duce atât la poluarea mediului de lunga durata prin degajari difuze ale compusilor nocivi, cât si la impurificarea drastica a apelor freatice pe suprafete depasind cu mult zonele de haldare.

Daca în tarile dezvoltate industrial legislatiile adoptate au obligat producatorii sa dezvolte tehnologii care sa reduca substantial volumul de reziduuri si poluarea atmosferica, în ultimele doua decenii s-au intensificat considerabil si preocuparile pentru limitarea extinderii haldelor prin valorificarea reziduurilor nocive [1]. Cercetarile de valorificare au vizat în principal urmatoarele reziduuri care se regasesc si la cocseria Hunedoara:

» fuse rezultate la captarea si racirea gazului de cocs;

» gudronul acid de la epurarea gazului de amoniac prin captarea acestuia cu acid sulfuric în procedeul cu saturator;

» gudronul acid de la spalarea fractiilor benzenice;

» slam de ulei solar de la debenzolarea gazului de cocs;

» depunerile din rezervoarele de gudron;

» gudronul acid de la rafinarea chimica a naftalinei.

Ca rezultat al acestor preocupari, în literatura de specialitate au fost prezentate diverse solutii de valorificare aplicate pe plan local, unele cu eficienta economica notabila. Dintre domeniile de utilizare a unora din reziduurile prezentate mai sus, se retin urmatoarele: combustibil greu de cazane sau cuptoare siderurgice [2], ca adaosuri mezogene în sarja de cocsificare [3], materie prima pentru cocsificare în cuptoare circulare cu vatra rotativa, producerea de agenti pentru regenerarea cauciucului [4], ca dispersanti pentru industria textila si pielarie, ca lianti rutieri pentru criblura si îmbracaminte asfaltica [5], ca gudron pentru asfaltari [2], la fabricarea superplastifiantului pentru betoane [6].

In vederea stabilirii solutiilor de valorificare la Hunedoara, au fost efectuate determinari sistematice ale caracteristicilor fizico-chimice, valorile medii fiind prezentate în tabelul 1.

Din analiza comparativa a datelor obtinute cu cele descrise în literatura de specialitate si avându-se în vedere tehnologiile de lucru de la uzina din Hunedoara, s-a ajuns la concluzia ca reziduurile se

Tabelul 1

Caracteristicile reziduurilor (valori medii)
Average properties of waste

Denumirea	Caracteristici						
	Densitate, g/cm^3	Apa, %	Cenusa, %	Sulf total, %	H_2SO_4 liber, %	Insol. în toluen, %	Subst. levigabile, %
Fuse	1,284	1,67	2,66	0,92	-	46,36	
Gudron acid de la sulfat	1,24	7,64	0,53	10,16	4,67		8,51
Slam de ulei solar	0,902	11,3	0,16	1,66	-		
Gudron acid de la spalarea benzenului	1,32	12,22	0,088	7,83	20,64		98,6
Gudron acid de la rafinarea naftalinei	1,40	37	0,77	14,53	36,88		

Tabelul 2

Caracteristicile fuselor macinate
Crished spindles properties

Caracteristici	Fuse macinate	
	Proportia de amestec fuse/gudron de huila	
	1 : 1	1 : 2
Cenusa, %	0,3	0,5
Sulf total, %	0,75	0,64
Putere calorica ,kcal/kg	8540	8690
Refuzul pe sita 0,08 mm	17%	

Tabelul 3

Caracteristicile gudroanelor acide neutralizate
Neutralized tar properties

Caracteristici	Gudron acid sulfat + gudron acid spalare benzen		
	Fara gudron de huila	Raport gudron acid /gudron huila	
		2 : 1	1 : 1
Densitate, g/cm^3	1,3	1,26	1,24
Cenusa, %	0,3	0,21	0,24
Sulf total, %	1,57	1,84	1,64
Putere calorica, kcal/kg	6250	7091	7512

pot folosi la prepararea combustibilului greu pentru cuptoare siderurgice si la prepararea asfaltului.

Ca operatii de conditionare a reziduurilor pentru a se aduce caracteristicile la valori apropiate de cele

Tabelul 4

Caracteristicile slamului de ulei solar filtrat
Filtered solar oil slam properties

Caracteristici	Slam de ulei solar filtrat
Densitate, g/cm^3	0,900
Cenusa, %	0,01
Sulf total, %	1,34
Putere calorica, kcal/kg	9425

ale noilor produse ce urmeaza a fi obtinute, s-a stabilit ca necesara aplicarea diferentiata a urmatoarelor operatii de baza:

» *macinarea fuselor (aducerea particulelor grosiere la dimensiuni care sa permita curgerea acestora) prin fluidificare cu gudron de huila;*

» *eliminarea caracterului acid al gudroanelor de la producerea sulfatului de amoniu, de la spalarea benzenului si de la rafinarea chimica a naftalinei, concomitent cu reducerea continutului de saruri si a sulfului total;*

» *recuperarea acidului uzat de la rafinarea chimica a naftalinei si utilizarea acidului recuperat la producerea sulfatului de amoniu.*

Experimentarile efectuate pentru stabilirea conditiilor optime de macinare a fuselor au condus la concluzia macinarii în moara cu bile, în amestec cu gudron de huila usor. Rezultatele finale în doua variante de diluare si conditii controlabile de durata si temperatura sunt prezentate în tabelul 2.

Pentru neutralizarea gudroanelor acide au fost verificate mai multe variante de lucru în functie de provenienta acestora, în final fiind stabilite conditiile tehnice de lucru ca regimul de agitare, temperaturi, durata de amestec si decantare, fazele de lucru fiind prezentate în schema bloc 1 din figura 1. Caracteristicile medii ale gudroanelor neutralizate în cele trei variante de amestec sunt prezentate în tabelul 3.

Conditionarea slamului de ulei solar de la debenzolarea gazului de cocs s-a efectuat prin filtrare în vid si decantare conform schemei bloc 3 din figura 1, iar caracteristicile medii ale produsului obtinut sunt prezentate în tabelul 4.

Pentru recuperarea acidului uzat de la rafinarea chimica a naftalinei s-a stabilit linia de operare prezentata pe schema bloc 4 din figura 1, caracteristicile acidului regenerat (recuperabil) fiind urmatoarele: densitate la 20^{0}C: 1,46 g/cm^3, continutul de acid sulfuric liber: 56%.

La stabilirea tehnologiilor de prelucrare a reziduurilor acide prin neutralizare, o atentie deosebita s-a acordat apelor uzate ce rezulta la aceste operatii atât sub aspectul agresivitatii si posibilitatilor de epurare cât si al volumului acestora. Bilanturile determinate riguros au scos în evidenta faptul ca prelucrarea integrala a gudroanelor acide duce la o crestere a volumului cu 2,7% în conditiile în care instalatiile de epurare biochimica sunt încarcate cu numai 50% din capacitate, cu precizarea ca prin compozitia lor apele uzate rezultate se preteaza la epurarea biochimica cu care este dotata uzina.

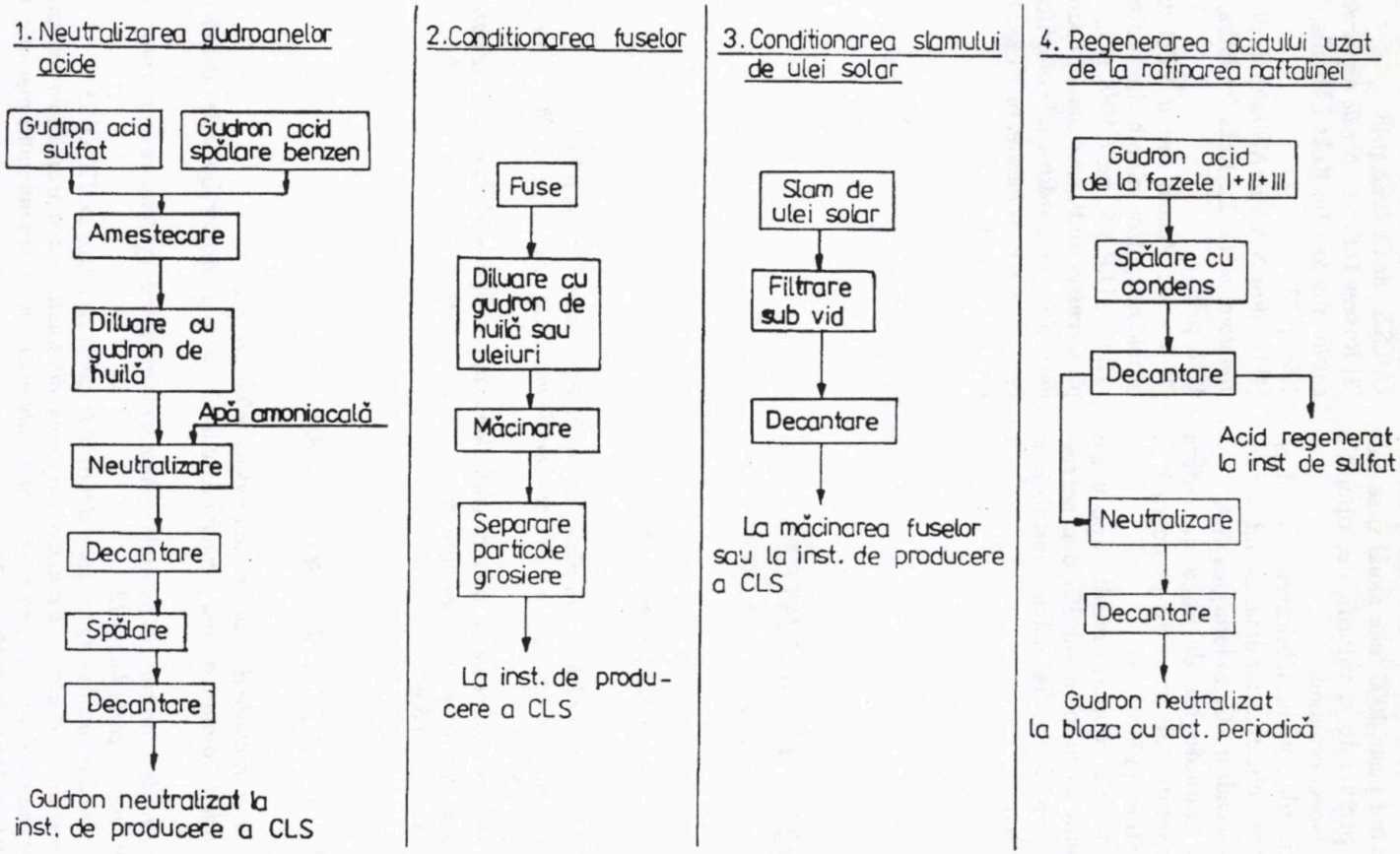


Fig. 1

Tehnologii propuse pentru valorificarea reziduurilor analizate
Suggested technologies for waste recovery

Concluzii

Din experimentarile de laborator si verificarile ulterioare ale tehnologiilor propuse se desprind urmatoarele:

In conditiile particulare ale Uzinei Cocsochimice de la Hunedoara, reziduurile de fabricatie, care în prezent însumeaza peste 1000 tone anual si se haldeaza, pot fi prelucrate si valorificate, operatie profitabila sub aspect economic.

Dintre utilizarile posibile, fabricarea de combustibil greu prezinta eficienta maxima, având si consumul asigurat în cadrul S.C. "Siderurgica" S.A.

Procesele tehnologice de baza nu ridica probleme deosebite sub aspectul proiectarii si realizarii instalatiilor industriale.

Prin tehnologiile adoptate rezulta ape uzate tratabile biochimic cu un volum sub 3%, deci nesemnificativ fata de capacitatea disponibila a instalatiilor de epurare biochimica.

BIBLIOGRAFIE

[1] **Lazorin S.N.** s.a.: *Obezvrejivanie othodov coc-sohimiceschihzavodov*. Izd.Metallurghia, 1977, Moscova, p.7

[2] **Voitkovscaia E.A.**: *Puti ispalzovania othodov coc-sohimicescogo proizvodstva.* In: Koks i Himiia, U.R.S.S., nr.10, 1982, p.48

[3] **Ruscev D.D.** s.a.: *Novîie napravlenia ispolzovania chislîh smolov.* In: Koks i Himiia, U.R.S.S., nr. 10, 1990, p.33

[4] **Ishakov N.A.** s.a.: *Neuralizatia chisloi smolchi carbonatom caltia.* In: Koks i Himiia, U.R.S.S., nr. 1, 1988, p.49

[5] x x x : Vcland soveta NTO zavoda v resenie problemî ispolzovania othodov proizvodstva. In: Koks i Himiia, U.R.S.S., nr. 7, 1988, p.52

[6] **Cernîsev Iu.P.** s.a.: *Othodî cocsohimii - sirevaia baza dlia proizvodstva tehnologhiceschih dobavoc, ispolzovanîh v stvoitelstve.* In: Koks i Himiia, U.R.S.S., nr. 1, 1990, p.44

REVISTA REVISTELOR

GIESSEREI, GERMANIA, 1993, Nr. 24

- De la DIN la CEN - standardele pentru piese turnate, în drum catre Europa, p.814
- Bentonita si prepararea nisipurilor de formare. Contributia lor la asigurarea pe viitor a formarii cu materiale legate cu bentonita, p.817
- Elaborarea de diferite sortimente de fonta cu grafit lamelar, pornindu-se de la o fonta de baza, p.827
- Al 17-lea Congres International asupra turnarii sub presiune - Cleveland, S.U.A., octombrie 1993, p.836
- Informatii tehnice, p.21 si 839
- Informatii economice, p.6 si 840

OGNEUPORÎ, FEDERATIA RUSA, 1993, Nr. 2

- Analiza si utilizarea criteriilor de uzura a materialelor refractare, p.2
- Influenta presiunii de formare asupra capacitatii de sinterizare a pulberilor foarte fine din dioxid tetragonal de zirconiu, p.5
- Influenta tratamentului hidrostatic al semifabricatului si regimurilor de aglomerare asupra proprietatilor ceramicii în sistemul tualit - mulit - corindon, p.12
- Compozitia de faza a refractarelor sinterizate din oxid de calciu cu adaos de TiO_2, p.15
- Studierea parametrilor de deplasare a amestecului format din solutii cu apa la aplicarea betonului torcretat, p.17
- Particularitatile ceramicii din oxizi pentru constructii, obtinuta din pulberi maruntite mecanic, p.20
- Oxid de magneziu în Ucraina de Vest, p.23
- Tehnologia de obtinere a caramizilor usoare cu neomogenitate dirijata, p.27
- Atestarea instalatiei pentru controlul nedistructiv al caramizilor refractare, la uzina de refractare Zaporojie, p.29
- Materiale refractare pe baza de bauxita pentru instalatiile de vidare a otelului, p.31
- Materiale fibroase în rulori pentru protectia termica a agregatelor la temperaturi de pâna la 1350^0C, p.33

POSIBILITATI DE DETERMINARE A UZURII ZIDARIEI FURNALELOR

Ing. Toth Cornel, dr.ing. Popoiu Gheorghe, ing. Klusch Mihai, ing. Klusch Adriana
Centrul de Cercetare - Proiectare

C.Z.: 669.16.212

Cunoasterea gradului de uzura a zidariei refractare si a evolutiei acestuia, în special în zona creuzetului si vetrei furnalului, constituie o problema de interes deosebit pentru personalul care îsi desfasoara activitatea în sectorul furnale.

Acest interes are la baza urmatoarele motivatii:

» garantarea sigurantei în exploatare, mai ales în ultima perioada a campaniei de lucru, când pot sa apara zone de uzura ce prezinta un real pericol de perforare a furnalului;

» prevenirea unor avarii posibile prin intensificarea racirii zonelor cu uzura mai pronuntata, iar în caz de forta majora chiar oprirea furnalului.

Metodele practicate în prezent privind localizarea zonelor cu uzura avansata si de determinare a gradului de uzura a zidariei refractare a furnalului se refera la:

» *masurarea si controlul gradientilor de temperatura la nivelul elementilor de racire;*

» *masurarea temperaturilor la nivelul vetrei cu ajutorul termocuplurilor;*

» *controlul uzurii zidariei si evolutiei acesteia prin intermediul surselor radioactive amplasate în locuri stabilite.*

Daca primele doua metode permit doar o localizare a zonelor cu uzura mai pronuntata, fara a reda si gradul de uzura, cea de-a treia metoda ofera posibilitatea determinarii acestuia în functie de disparitia în timp a surselor radioactive.

Metoda de determinare a uzurii zidariei refractare pe baza informatiilor obtinute de la sursele radioactive a fost considerata pâna nu de mult una din cele mai moderne metode în acest domeniu.

Penetratiile de produs lichid si chiar unele perforari de furnal printre sursele radioactive impun stabilirea unor noi metode de determinare a starii de uzura a zidariei refractare.

In acest sens, în lucrarea de fata se prezinta o noua metoda de determinare a gradului de uzura a zidariei refractare la un furnal aflat în exploatare, tinând seama de legile transferului de caldura.

Algoritmul de calcul adoptat s-a bazat pe faptul ca fluxul de caldura este acelasi în orice punct material situat pe directia de propagare a caldurii. S-au folosit o serie de masuri fizice cunoscute (dimensiuni constructive, caracteristici de material refractar, temperaturi masurate prin termocuplurile existente).

Astfel, pentru început s-au determinat izotermele, respectiv locul geometric al punctelor de egala temperatura pentru valori cuprinse între 1450^0C (temperatura fontei lichide din creuzet) si valoarea temperaturii masurate prin intermediul termocuplurilor plasate la nivelul inferior al vetrei. Pentru reprezentarea grafica a izotermelor la nivelul vetrei si al creuzetului, s-a considerat sistemul de axe rectangulare x, y si s-au stabilit coordonatele, pentru fiecare punct considerat al izotermelor utilizând relatia de calcul a lui Fourier referitoare la transmisia caldurii prin conductibilitate.

O data cu uzura zidariei, pozitia izotermelor se modifica, deplasarea si configuratia acestora depinzând de gradul de uzura al zidariei.

Rezultatele obtinute sunt prezentate în tabelele 1 si 2, respectiv figura 1.

Gradul de uzura al zidariei refractare a furnalului în zona vetrei si creuzetului, exprimat, în principiu, prin grosimea stratului refractar, se poate stabili pe baza relatiilor matematice ce definesc fluxul de caldura prin conductibilitate si prin convectie, considerând ca el este acelasi în orice punct material situat pe directia de propagare a caldurii:

$$q = \alpha \cdot \Delta t = \frac{\lambda}{\delta}(t_1 - t_2), \quad \text{kcal/m}^2\cdot\text{h}$$

$$\delta = \frac{\lambda}{\alpha \cdot \Delta t}(t_1 - t_2), \quad \text{m}$$

Semnificatiile marimilor fizice din relatiile respective sunt cunoscute:

α este coeficientul de transfer de caldura prin convectie, calculat conform criteriului de similitudine Nusselt:

$$\alpha = 0{,}32\frac{\lambda}{d}\text{Re}^{0,8}\cdot Pr^{0,4}, \quad \text{kcal/m x h x}^0\text{C}$$

Δt - gradientul de temperatura al fluxului pentru racitorul considerat, ^{0}C;

λ - coeficientul de conductibilitate termica, kcal/m^2 x h x ^{0}C;

t_1; t_2 - temperatura la suprafata stratului refractar, ^{0}C;

δ - grosimea stratului refractar, m;

Re - numarul Reynolds;

Pr - numarul Prandtl;

d - diametrul hidraulic, m.

Tabelul 1

Valoarea fluxurilor $q_{(x)}$ si a coordonatelor izotermelor la nivelul vetrei ; x = 2163 - x*, mm
Heat flow $q_{(x)}$ and isotherm lines coordinates at hearth level

Valoarea y, mm	$q_{(x)}$, kcal/m^{2}h	Valoarea lui x*, mm, pentru:				
		T_1 = 300^{0}C	T_2 = 500^{0}C	T_3 = 700^{0}C	T_4 = 900^{0}C	T_5 = 1100^{0}C
y = 0	1810,71	2150	1770	1400	1020	650
-	-	-	-	-	-	-
y = 1000	1813,12	2140	1770	1400	1020	650
y = 1200	1817,69	2130	1760	1390	1020	650
y = 1400	1823,15	2130	1760	1390	1010	640
y = 1600	1828,0	2120	1750	1380	1010	640
y = 1750	1830,92	2110	1740	1380	1010	640
y = 2000	1850,03	2070	1710	1350	990	630
y = 2200	1865,34	2040	1690	1330	970	620
y = 2400	1880,34	2010	1670	1310	960	610
y = 2600	1893,74	1990	1640	1290	950	600
y = 3164	1933,25	1910	1580	1240	910	580
y = 3601,5	1556,89	2350	1940	1530	1120	710
y = 4024,5	932,31	1600	1060	530	-	-
y = 4334,5	649,63	1360	680	-	-	-
y = 4654,5	409,43	950	-	-	-	-

Tabelul 2

Valoarea fluxurilor $q_{(y)}$ si a coordonatelor izotermelor la nivelul creuzetului;
y = grosimea blocului - y*, mm
Heat flow values $q_{(y)}$ and isotherm lines coordinates at crucible level y = y* block thickness, in mm

Valoarea x, mm	$q_{(y)}$, kcal/m^{2}h	Valoarea lui y^x, mm, pentru:				
		T_1 = 300^{0}C	T_2 = 500^{0}C	T_3 = 700^{0}C	T_4 = 900^{0}C	T_5 = 1000^{0}C
x = 0	2069,28	1800	1490	1170	860	540
x = 275	2059,71	1820	1500	1180	870	550
x = 550	2623,16	1430	1180	930	680	430
x = 825	2651,87	1430	1180	930	680	430
x = 1100	2680,93	1430	1180	930	680	430
x = 1375	2789,42	1380	1140	900	660	420
x = 1650	2897,46	1330	1100	870	630	400

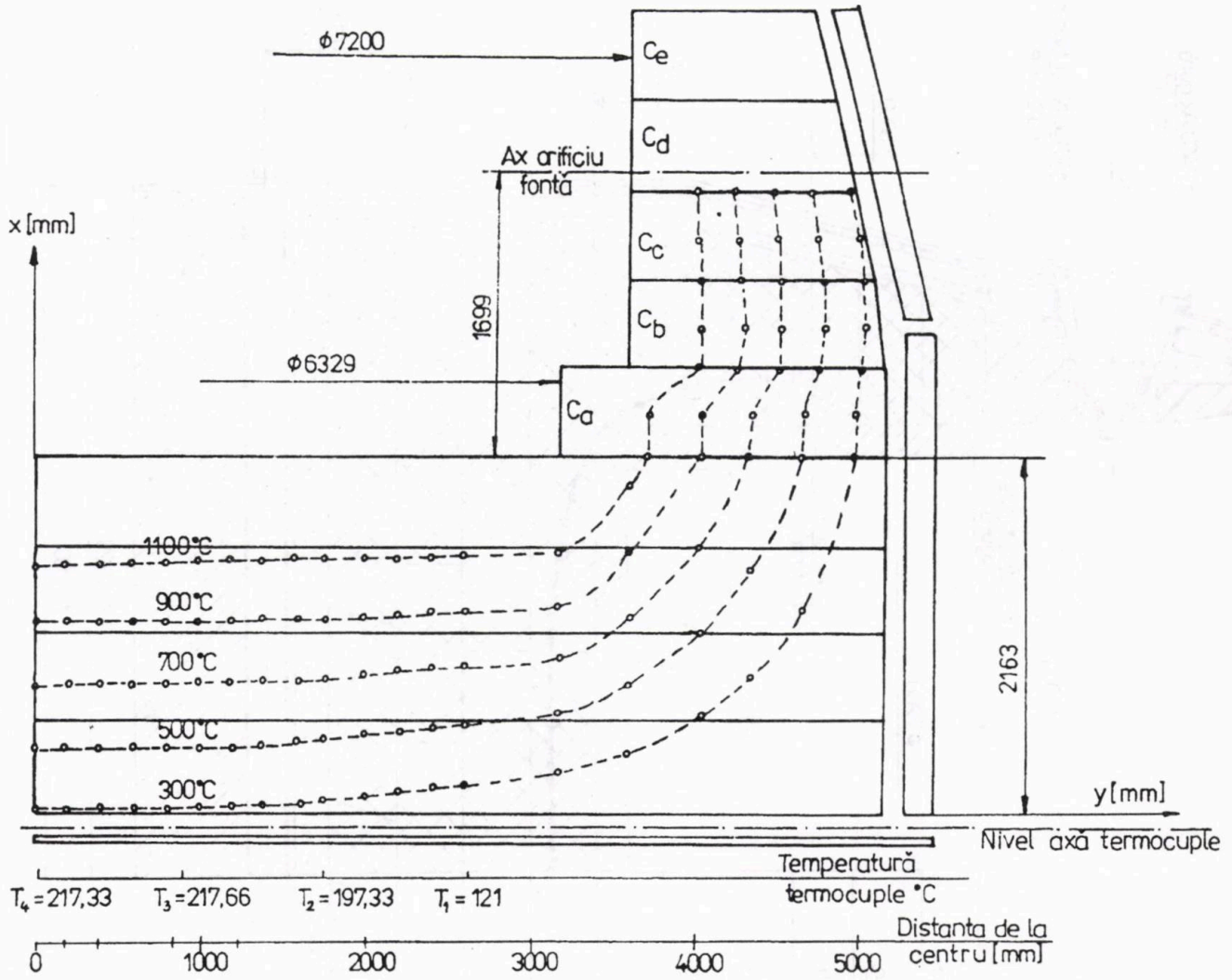


Fig. 1

Reprezentarea izotermelor la nivelul vetrei si creuzetului
Isotherm plots for hearth and crucible

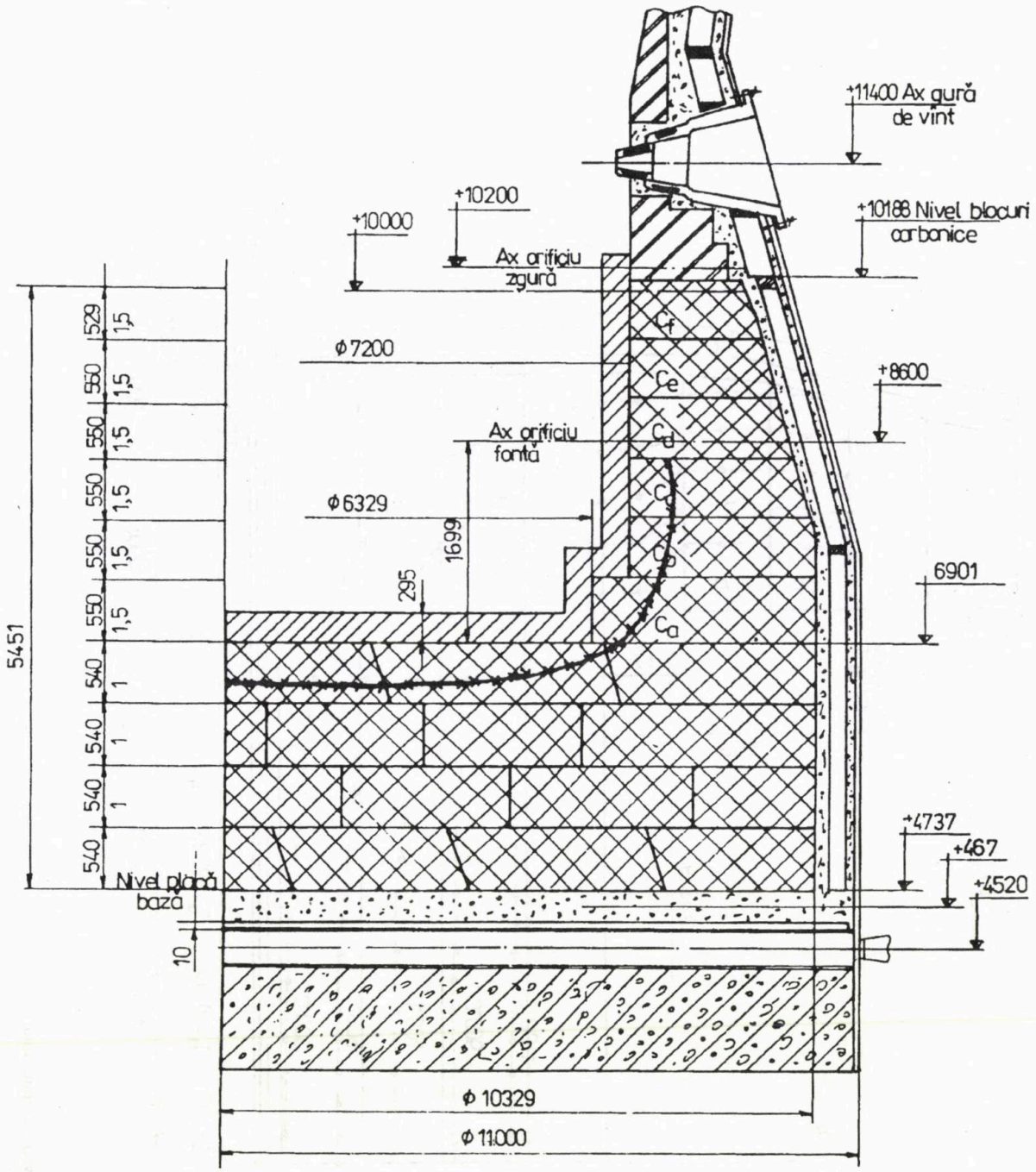


Fig. 2

Reprezentarea liniei de demarcatie a uzurii zidariei carbonice
Carbon lining wear demarcation line

Valorile fluxurilor de caldura la nivelul vetrei si creuzetului furnalului calculate pentru transferul de caldura prin convectie si gradul de uzura sunt prezentate în tabelele 3 si 4. Linia de demarcatie a uzurii zidariei refractare este reprezentata grafic în figura 2.

Metoda expusa permite o serie de observatii asupra controlului termic al zidariei carbonice a furnalului considerat, respectiv asupra masurilor ce trebuie luate pentru o evaluare cât mai reala a gradului de uzura. Obtinerea unor informatii cât mai exacte în acest sens este conditionata de un numar mare al punctelor de masurare a temperaturii în vatra si creuzetul furnalului si de o repartizare judicioasa a acestora.

Tabelul 3

Valorile gradului de uzura obtinute la nivelul vetrei, δ_i, mm
Wear values, δ_i, in mm, at hearth level

Valoarea y, mm	$q_{(x)}$, kcal/m^{2}h	Gradul de uzura, δ_i,mm	Grosimea uzurii δ', mm
0	2187,29	1774	389
200	2192,00	1771	392
400	2194,70	1769	394
600	2197,41	1768	395
800	2200,11	1763	400
1000	2193,20	1771	392
1200	2177,94	1787	376
1400	2162,73	1803	360
1600	2147,48	1820	343
1800	2127,26	1842	321
2000	2091,97	1883	280
2200	2056,72	1924	239
2400	2021,21	1967	196
2600	1986,22	2010	153
2800	1938,82	2073	90
3000	1891,46	2137	26
3200	1844,06	2204	511
3400	1796,71	2275	440
3600	1749,35	2350	365

unde: $\delta_i = \delta_o - \delta$', mm
δ_0 - grosimea zidariei la gradul de uzura zero
δ_i - grosimea zidariei dupa uzura
δ' - grosimea uzurii

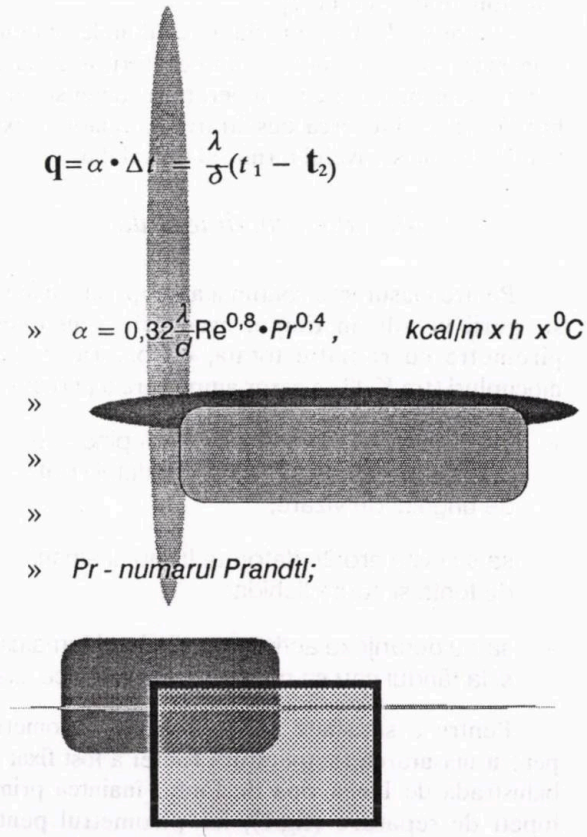
Ultimele trei valori ale lui δ_i si δ' au luat în considerare si primul bloc al creuzetului (Ca)

Tabelul 4

Valorile gradului de uzura obtinute la nivelul creuzetului, δ_i, mm
Wear values, δ_i, in mm at crucible level

Valoarea x, mm	$q_{(y)}$, kcal/m^{2}h	Gradul de uzura δ_i, mm	Grosimea uzurii, δ', mm
C_{am} - 275	2800	1467	533
C_{bi} - 550	3072	1328	235
C_{bm} - 825	3228	1241	288
C_{ci} - 1100	334	1203	292
C_{cm} - 1375	3422	1171	261
C_{cs} - 1650	3500	1139	231

Utilizarea calculatorului electronic si a unui program adecvat poate asigura redarea permanenta a fluxurilor de caldura în vatra si creuzet, concomitent cu reprezentarea liniei de demarcatie a uzurii zidariei refractare.



CONSIDERATII PRIVIND POSIBILITATILE DE MASURARE CONTINUA A TEMPERATURII ZONEI DE ARDERE SI A TEMPERATURII FONTEI SI ZGURII LICHIDE LA FURNALE

Ing. Riza Mihai, ing. Dragovici Nicolae, ing. Achim Constantin, sing. Koncs Emil
Centrul de Cercetare-Proiectare

C.Z.: 669.162

Furnalul fiind un agregat închis, inaccesibil masuratorilor directe si continue, s-au dezvoltat o serie de tehnici pentru investigarea zonei de ardere a furnalului, si anume: profilmetre, sonde transversale, sonde verticale, sonde introduse în gurile de vânt, toate în vederea stabilirii repartitiei temperaturii si a compozitiei gazului pe sectiunea furnalului [1].

Temperatura în zona de ardere, temperatura fontei si temperatura zgurii lichide, desi la cele mai multe furnale sunt apreciate numai calitativ, au furnizat întotdeauna informatii de mare importanta asupra functionarii furnalului [2].

Lucrarea de fata prezinta rezultatele obtinute prin masurarea continua a temperaturii în zona de ardere, concomitent cu temperatura fontei si zgurii lichide si se încearca descifrarea corelatiilor existente între ele si nivelul termic al furnalului.

Metoda experimentala

Pentru masurarea continua a temperaturii fontei si zgurii lichide în timpul evacuarii, s-au folosit pirometre cu radiatie totala, cu baterie de termocupluri (tip K 42) a caror amplasare a permis ca:

» temperaturile masurate sa nu depinda de coeficientul de radiatie al suprafetei vizate si de unghiul de vizare;

» sa se evite erorile datorate fumului emanat de fonta si zgura lichida;

» sa nu deranjeze activitatea din jurul furnalului si la rândul sau sa nu fie deranjat de aceasta.

Pentru a satisface aceste conditii, pirometrul pentru masurarea temperaturii fontei a fost fixat pe balustrada de lânga rina de fonta, înaintea primei lopeti de separare (fig.1), iar pirometrul pentru masurarea temperaturii zgurii superioare, pe pasarela ce traverseaza rina de zgura superioara (fig.2).

Gazele au fost îndepartate cu un jet de aer comprimat suflat printr-un tub amplasat în fata lentilei pirometrului (fig.1).

Pentru masurarea temperaturii la gura de vânt, s-a scos sticla de protectie (cobalt) si s-a înlocuit cu sticla transparenta cu grosimea de 4 mm. Absorbtia puternica a spectrului infrarosu în stratul de sticla a facut imposibila masurarea temperaturii cu pirometre cu radiatie totala.

In consecinta, masurarea temperaturii reale de ardere la gura de vânt s-a facut cu ajutorul unui pirometru dotat cu fotocelula sensibila în spectrul vizibil si care a furnizat în conditiile date o tensiune de 30-50 mV [3].

Pirometrul a fost atasat la gura de vânt cu un dispozitiv care a permis:

» *montarea si demontarea usoara a dispozitivului pe tija vizorului gurii de vânt;*

» *posibilitatea de orientare unghiulara pe axa vizorului;*

» *observarea directa a spatiului de ardere.*

Impulsul electric furnizat de fiecare dintre pirometre a fost transmis unui aparat înregistrator, ceea ce a permis ca masuratorile sa se faca pe toata durata evacuarilor de fonta si zgura, iar temperatura zonei de ardere sa fie controlata pe toata durata functionarii furnalului.

Inregistratoarele pirometrelor au fost gradate astfel:

» pirometrul pentru fonta, 0-1600^{0}C;

» pirometrul pentru zgura, 0-1700^{0}C;

» pirometrul de la gura de vânt, 0-2000^{0}C.

Corectitudinea masuratorilor temperaturii fontei si zgurii a fost verificata prin masuratori paralele cu termocuplul de imersie, abaterile nedepasind 1%.

Controlul si corectia pirometrului montat la gura de vânt s-au facut prin verificari zilnice cu pirometrul optic si cu pirometrul electronic, cu care s-a vizat spatiul de lucru prin sticla transparenta dupa demontarea pirometrului de radiatie.

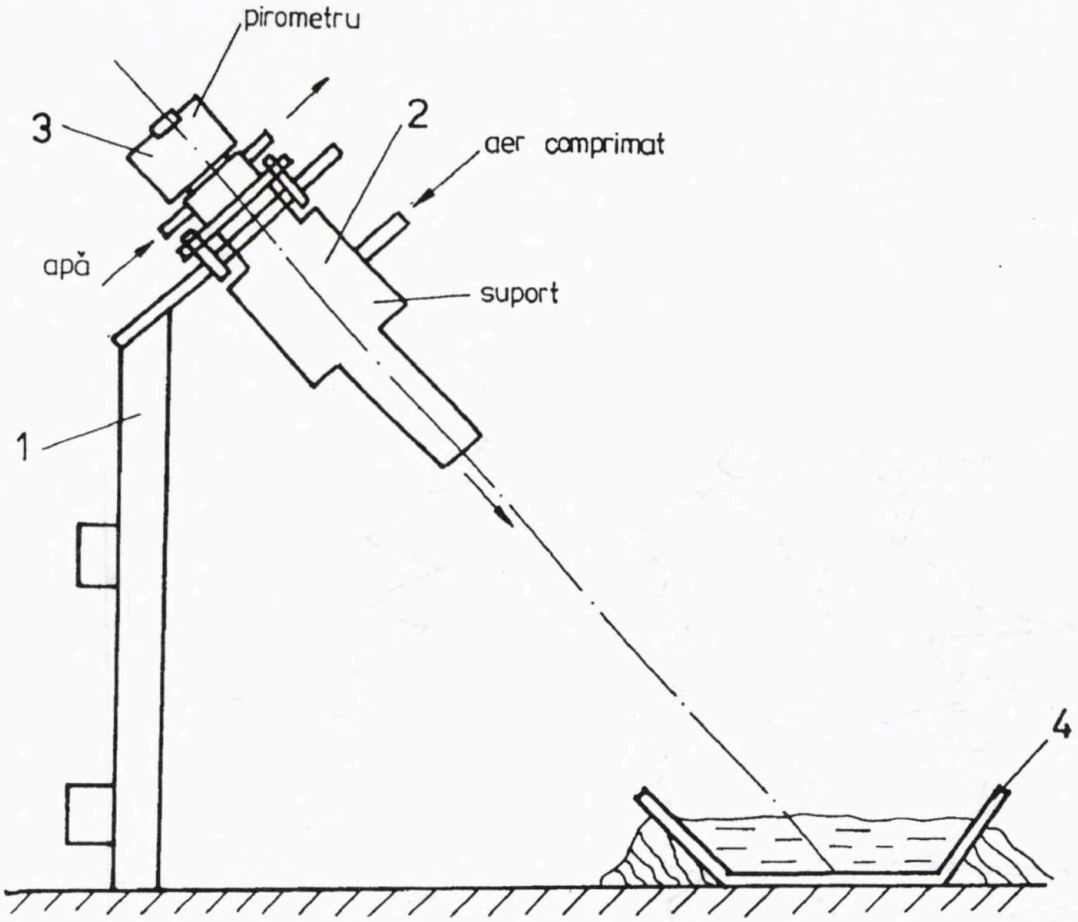


Fig. 1

Schema de amplasare a suportului de sustinere a pirometrului pentru masurarea temperaturii fontei: 1 - pasarela; 2 - suport pirometru; 3 - pirometru K 42; 4 - rina de fonta

Pyrometer suport positioning for molten iron temperature measuring

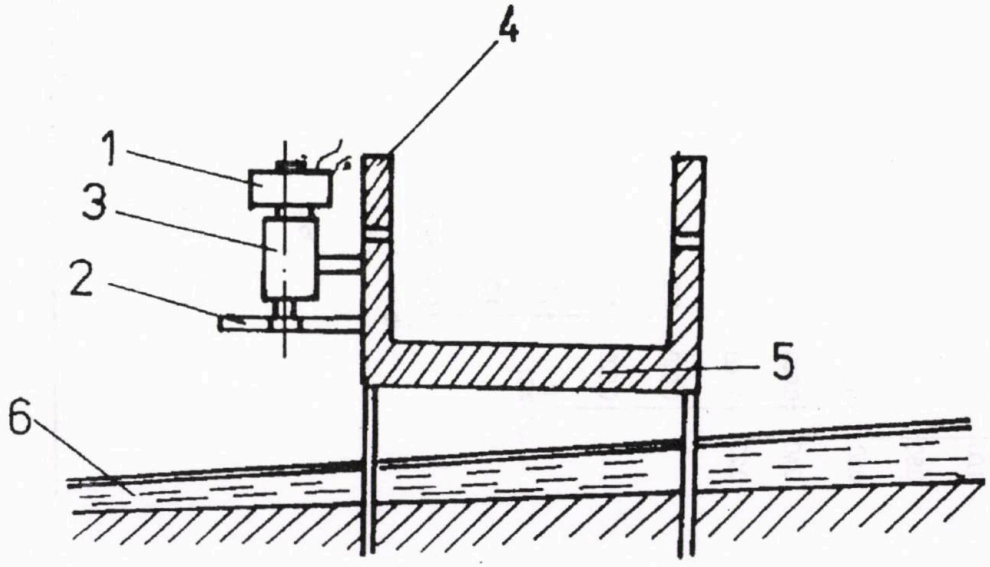


Fig. 2

Schema de amplasare a pirometrului la rina de zgura: 1 - pirometru; 2 - paravane de protectie; 3 - suport pirometru; 4 - balustrada; 5 - pasarela; 6 - rina de zgura

Pyrometer position in slag trough

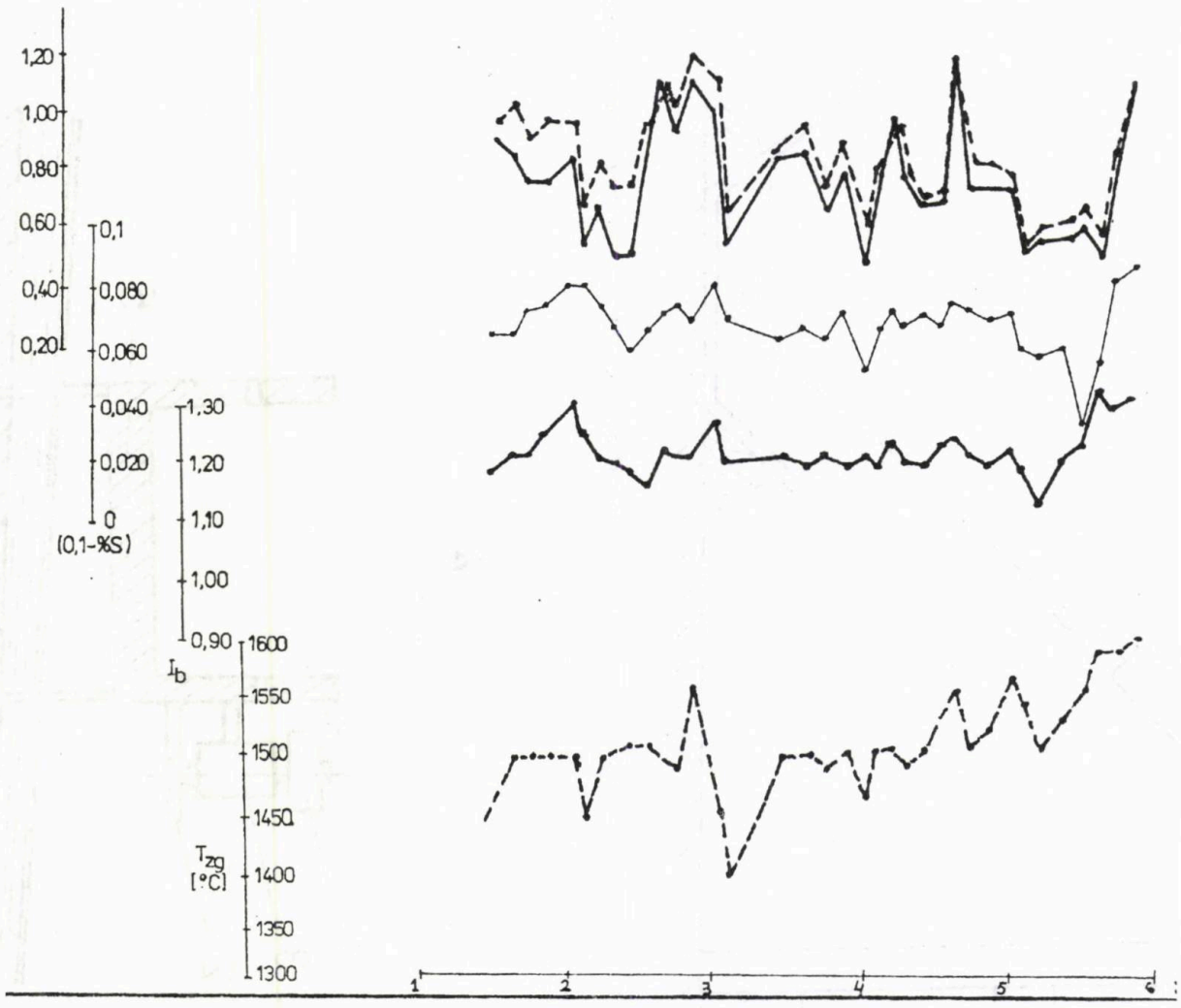


Fig. 3
Temperatura zgurii superioare si compozitia fontei
Upper slag temperature and iron analysis

Rezultatele experimentale

Experimentarile industriale au avut ca scop stabilirea unor corelatii între temperaturile masurate cu aparatura descrisa anterior (temperatura la gura de vânt T_{Gv}, temperatura fontei T_{fo}, temperatura zgurii T_{zg}) si nivelul termic al furnalului reprezentat de compozitia fontei (% Si, % Mn, % S) si indicele de bazicitate al zgurii I_b.

Intr-o prima etapa s-a stabilit corelatia dintre temperatura zgurii, indicele de bazicitate al zgurii si compozitia fontei, înregistrate pe o perioada de 14 zile.

Diagrama din figura 3 prezinta variatia în timp a temperaturii zgurii si compozitia fontei la evacuarea imediat urmatoare.

Datele experimentale s-au introdus pe calculator si cu ele s-au încercat corelatii simple (de doua variabile) pe un numar de 36 tipuri de ecuatii, pentru functiile: $T_{zg} = f(\%\ Si)$;

$T_{zg} = f(\%Mn)$;

$T_{zg} = f(\%\ S)$ si $T_{zg} = f(I_b)$.

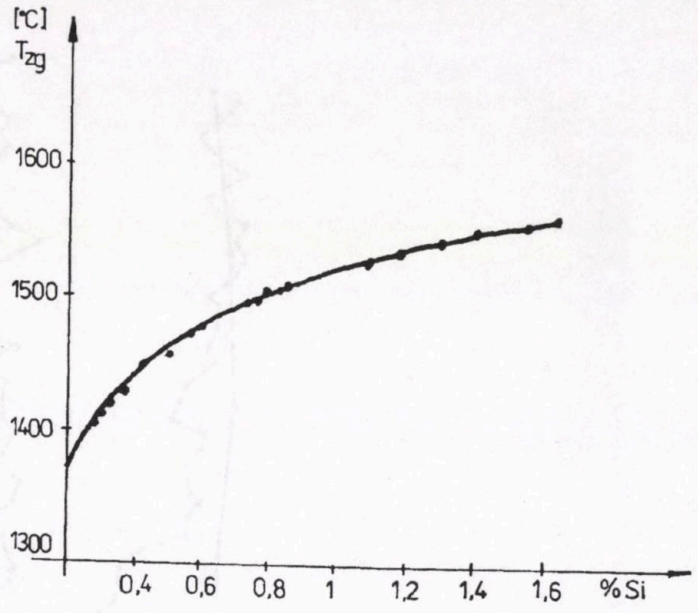


Fig. 4
Reprezentarea grafica a ecuatiei Tzg = f(%Si)
Tzg = f(%Si) equation graphic diagram

Pentru toate functiile de mai sus cel mai bun coeficient de corelare l-a dat ecuatia de forma:

$$y = \frac{x}{a + bx + cx^2} \qquad (1)$$

Coeficientii (a, b, c) ai relatiei (1), precum si coeficientii de corelatie aferenti sunt dati în tabelul 1.

Tabelul 1

Coeficientii a, b, c ai relatiei (1) si coeficientii de corelatie aferenti
Relation (1) coefficients (a, b, c) and related correlation coefficients

Ecuatia	a	b	c	Coeficientul de corelatie
$T_{zg} = f(\%Si)$	$1{,}702 \times 10^{-5}$	$6{,}58 \times 10^{-4}$	$1{,}67 \times 10^{-5}$	0,9930
$T_{zg} = f(\%Mn)$	$1{,}54 \times 10^{-4}$	$4{,}52 \times 10^{-4}$	$6{,}41 \times 10^{-5}$	0,9764
$T_{zg} = f(\%S)$	-2×10^{-9}	$6{,}37 \times 10^{-4}$	$9{,}07 \times 10^{-4}$	0,9949
$t_{zg} = f(I_b)$	$-1{,}23 \times 10^{-3}$	$2{,}74 \times 10^{-3}$	$-8{,}68 \times 10^{-4}$	0,8698

Coeficientii de corelatie mari (peste 0,85) ai ecuatiei (1) comparativ cu cei corespunzatori celorlalte tipuri de ecuatii (sub 0,3) arata ca ecuatia (1) reprezinta fenomenul fizic ce are loc în furnal.

In figura 4 este data reprezentarea grafica a functiei:

$T_{zg} = f(\%Si)$ conform ecuatiei (1).

In a doua perioada a cercetarilor s-au înregistrat:

» *temperatura la gura de vânt, T_{Gv};*

» *temperatura fontei, T_{fo};*

» *temperatura zgurii, T_{zg};*

» *temperatura teoretica de ardere, θ_t [4];*

» *temperatura zgurii (echivalenta procentului de Si din fonta) calculata analitic dupa relatia (1) sau grafic dupa curba din figura 4, $T_{zg} = f(\%Si)$, marimi a caror variatie în timp este prezentata în figura 5.*

In practica, temperatura zgurii este cunoscuta cu mult înaintea compozitiei fontei (aprox. 3 ore).

Anticiparea continutului de siliciu din fonta cu ajutorul relatiei [1] sau al diagramei din figura 4 permite (daca este necesar) luarea unor masuri de corectie în timp util.

Variatia temperaturii zgurii dedusa din % Si, temperatura zgurii masurata si temperatura fontei reprezentate în figura 5 confirma corelatia strânsa dintre aceste marimi.

Temperatura teoretica de ardere si temperatura reala la gura de vânt reprezentate în figura 5 cu

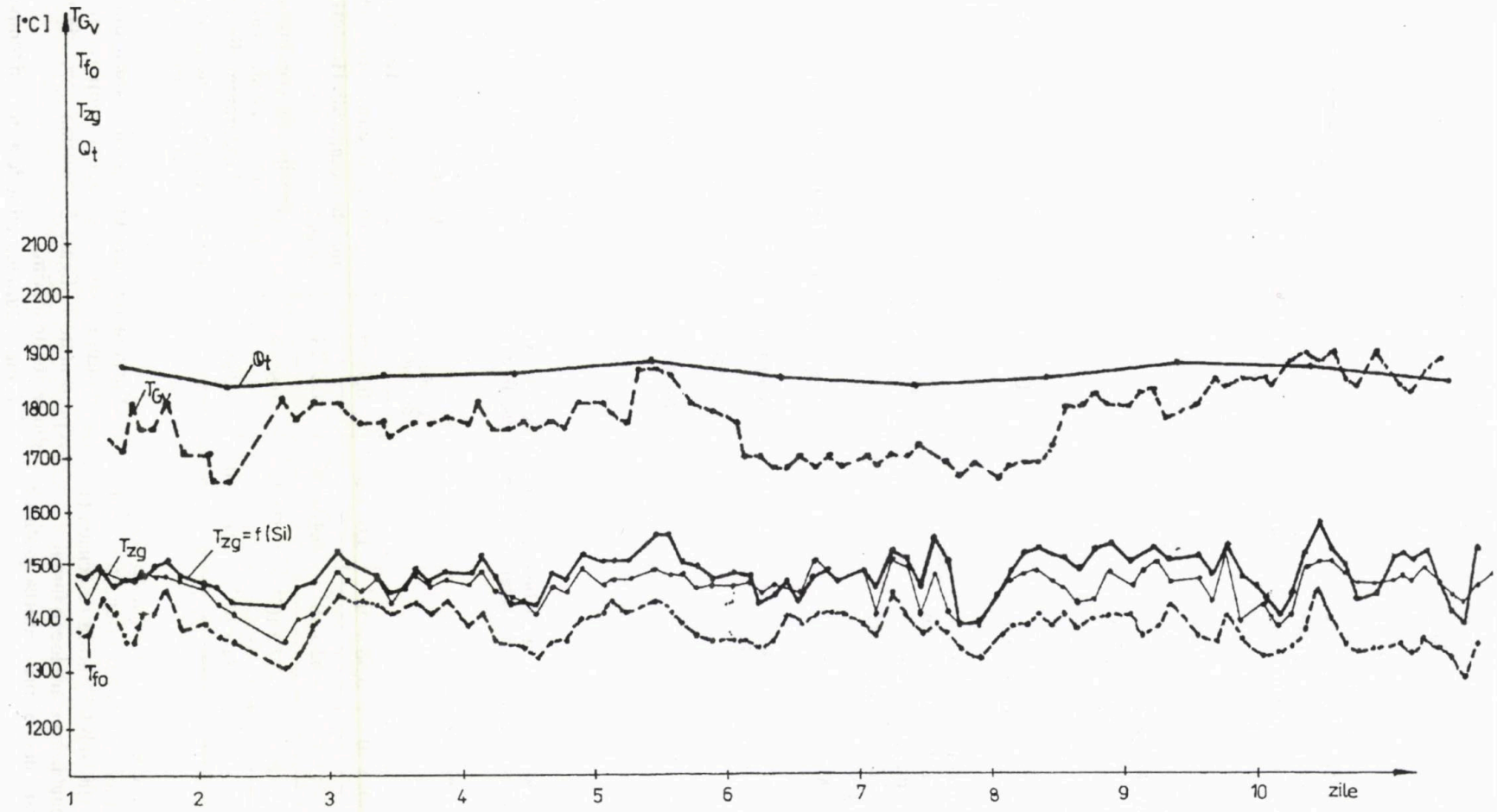


Fig. 5

Variatia fn timp a temperaturilor: T_{fo}; T_{zg}; T_{Gv}; θ_t; $T_{zg} = f(\%Si)$
TT diagram for T_{fo}, T_{zg}, T_{Gv}, θ_t and $T_{zg} = f(\%Si)$

aceeasi scara a ordonatelor pun în evidenta diferente notabile între ele, care necesita explicatii.

In calculul temperaturii teoretice entalpia cocsului patruns în spatiul de ardere (atunci când este luata în calcul) este considerata constanta, supozitie valabila numai în cazul în care schimbul de caldura dintre cocs si fluxul ascendent de gaze este ideal.

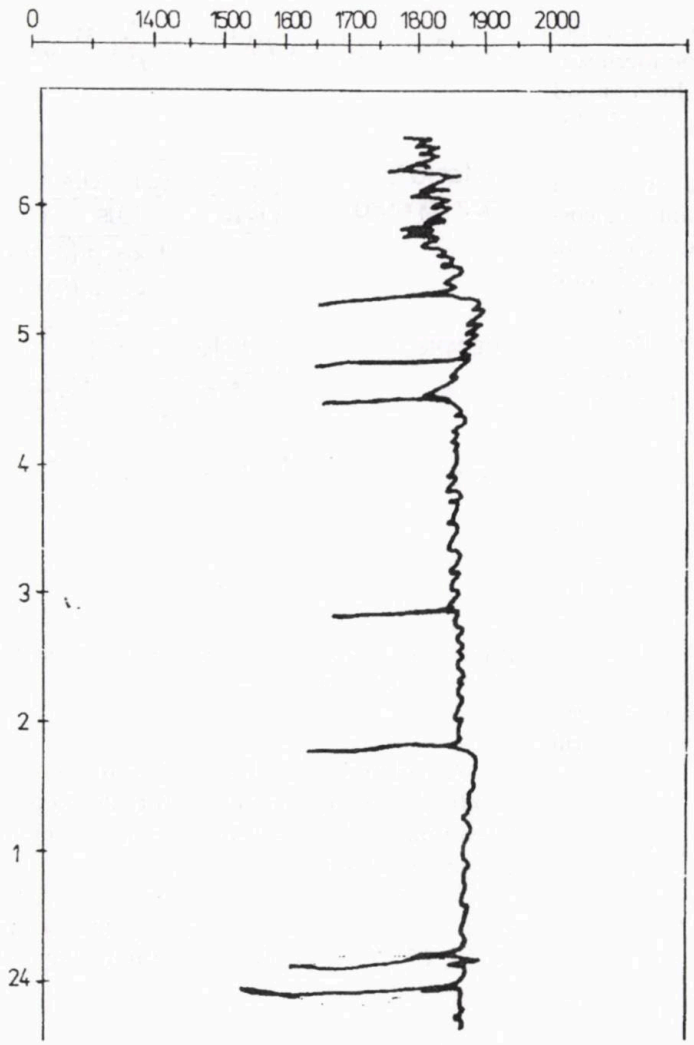


Fig. 6
Temperatura reala de ardere
Actual raceway temperature

In realitate, diagrama din figura 6, care reprezinta variatia temperaturii la gura de vânt pe o durata de ordinul orelor, evidentiaza caderi de temperatura de scurta durata (minute) si care corespund trecerii prin fata gurii de vânt a unor cantitati de cocs insuficient preîncalzit.

La un mers uniform al furnalului aceste caderi sunt relativ rare si, invers, ele devin frecvente la un mers cu agatari.

Rezulta, deci, ca entalpia, respectiv temperatura cocsului patruns în spatiul de ardere, departe de a fi constante, prezinta variatii mari, evidentiate în cazul nostru de diferenta dintre temperatura teoretica si cea reala de ardere.

Temperatura reala de ardere pe termen lung este deci dependenta de repartitia câmpurilor de temperatura în furnal. O crestere de durata a temperaturii la gura de vânt semnaleaza o îmbunatatire a pregatirii încarcaturii solide, ceea ce anticipeaza o încalzire de fond a furnalului peste care se pot suprapune încalziri sau raciri de scurta durata.

Concluzii

» Temperatura fontei si cea a zgurii lichide se pot masura cu precizie satisfacatoare, cu aparatura de constructie indigena.

» Temperatura zgurii ofera informatii asupra nivelului termic al furnalului înaintea compozitiei chimice a fontei, date fiind decalajele tehnologice inerente.

» Temperatura reala de ardere ofera pe termen scurt informatii suplimentare asupra modului de coborâre a încarcaturii.

Variatiile pe termen lung ale temperaturii reale de ardere indica tendintele de perspectiva de modificare a nivelului termic al furnalului.

BIBLIOGRAFIE

[1] **Matsuda K.** s.a : In: Kobelco Technology Rewiew, Japonia, nr. 5, 1989, p.1

[2] **Dobrovici D.** s.a. : Intensificarea proceselor din furnal. Ed. Tehnica, Bucuresti, 1983, p.136

[3] **Umov A.** : Functionarea si exploatarea cauperelor. Ed. Tehnica, Bucuresti, 1952, p.124

[4] xxx: Manualul inginerului metalurg. Ed. Tehnica, Bucuresti, 1978, vol I, p.459

RECONSIDERARI CONSTRUCTIVE SI FUNCTIONALE ALE PROCEDEULUI RH IN CONDITIILE CERINTELOR MODERNE PRIVIND RAFINAREA OTELURILOR

Ing. Anghelina Dorel - Centrul de Cercetare-Proiectare

C.Z.:669.14

In stadiul actual al restructurarii productiei siderurgice, când se impune cresterea ponderii sortimentelor de înalta puritate, tratarea otelurilor în vid ocupa un loc important în cadrul procedeelor specifice metalurgiei secundare.

Pe de alta parte însa, procesul de rafinare în instalatii de vid duce la cresteri importante ale costurilor otelurilor, care este necesar sa fie echilibrate prin economii corespunzatoare în faza de elaborare primara.

Din acest motiv, eficienta procesului de tratare în vid nu depinde numai de obtinerea rezultatelor metalurgice dorite, ci si de posibilitatile de reducere a cheltuielilor de exploatare si întretinere ale instalatiilor.

Astfel, adoptarea de solutii tehnice moderne pentru îmbunatatirea performantelor agregatelor si instalatiilor de tratare în vid constituie o cale eficienta de obtinere a produselor siderurgice de calitate superioara, în conditii relativ economice.

In acest context se înscrie si situatia instalatiei RH aflate în conservare în cadrul Societatii Comerciale "SIDERURGICA"- S. A Hunedoara, ce prezinta în astfel de conditii un real potential în cadrul procesului de retehnologizare.

Interdependenta proceselor fizico-chimice în raport cu asigurarea performantelor tehnologice specifice tratarii în vid prin recirculare

Cresterea eficientei rafinarii otelului lichid prin recirculare se bazeaza în principal pe asigurarea unor viteze mai ridicate ale reactiilor de decarburare si degazare, realizabile astfel:

» prin cresterea debitelor reactantilor la interfata topitura- faza gazoasa;

» prin diminuarea scaderilor de temperatura ale baii metalice pe durata rafinarii;

» prin diminuarea presiunii în incinta de lucru.

In scopul implementarii unor astfel de solutii s-a avut în vedere în primul rând posibilitatea cresterii vitezei de recirculare a otelului lichid, tinând seama de interdependenta urmatorilor parametri, stabilita prin modelare matematica [6]:

$$Q_0 = 7{,}43 \; x \; Q_g^{0,33} \; x \; D_0^{1,33} \; x \; [ln\frac{P_1}{P_0}]^{0,33}, \; t/s \quad (1)$$

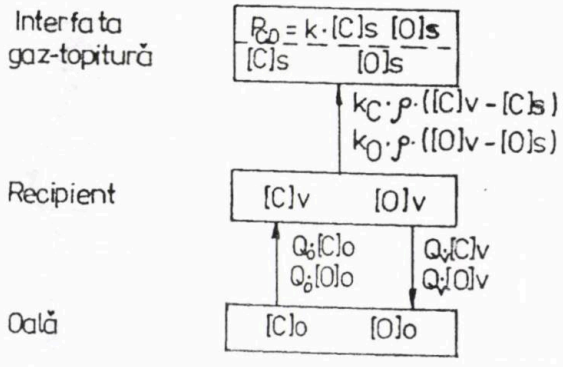


Fig. 1
Reprezentarea schematica a modelului pentru reactia: [C] - [O]
Schematic diagram of reaction pattern [C] - [O]

Aprofundarea efectului datorat cresterii debitului de recirculare poate fi realizata prin adoptarea unui model al reactiei [C] - [O] conform celui prezentat în figura 1.

Rezolvarea sistemului ecuatiilor de bilant pentru cazul acestei reactii conduce la exprimarea raportului final ($[C]_0/[O]_0$) posibil de obtinut, dupa cum urmeaza:

$$\frac{[C]_0}{[O]_0} = \frac{12}{16} \; x \; \frac{\frac{1}{Q_0} + \frac{60}{K_c \; x \; W_0}}{\frac{1}{Q_0} + \frac{60}{K_0 \; x \; W_0}} \quad (2)$$

Astfel, se poate considera ca problema diminuarii simultane a [C]o si [O]o se reduce la asigurarea de valori ridicate pentru Q_0, K_c si K_0. Referitor la acestea din urma se cunosc deja rezultatele experimentale cu privire la cresterea Kc (fig.2) si respectiv a K_0, conform relatiei [7]:

$$k^0 = 0{,}016 \; x \; \varepsilon^{0,5....0,6} \quad [s^{-1}] \quad (3)$$

De asemenea, întrucât pe întreaga durata a rafinarii prin recirculare are loc evacuarea simultana a CO, H_2 si N_2, dezvoltarea acestor reactii s-a produs si ca urmare a efectului sinergetic rezultat prin micsorarea reciproca a presiunilor partiale.

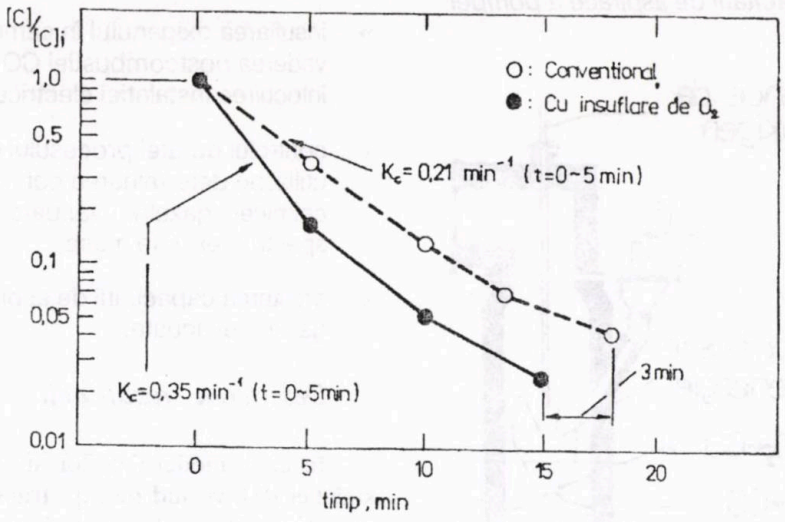


Fig. 2

Efectul insuflarii oxigenului în camera de vidare asupra vitezei de decarburare
The effect of oxygen injection in the vacuum vessel on decarburasing rate

Solutii moderne privind perfectionarile constructive si functionale ale instalatiilor RH

Potrivit tendintelor afirmate pe plan mondial în ceea ce priveste reconsiderarea rolului instalatiilor în vid, solutiile moderne de îmbunatatire a performantelor procedeului RH pot fi sistematizate astfel [1] - - [4],[8]:

» *diversificarea agentilor gazosi de antrenare a otelului, prin utilizarea alternativa a gazelor reactive (N_2, CO_2);*

» *insuflarea de oxigen prin orificiul imersat;*

» *utilizarea postcombustiei CO în camera de vidare;*

» *redimensionarea spatiului de lucru în vederea cresterii debitului de otel lichid recirculat;*

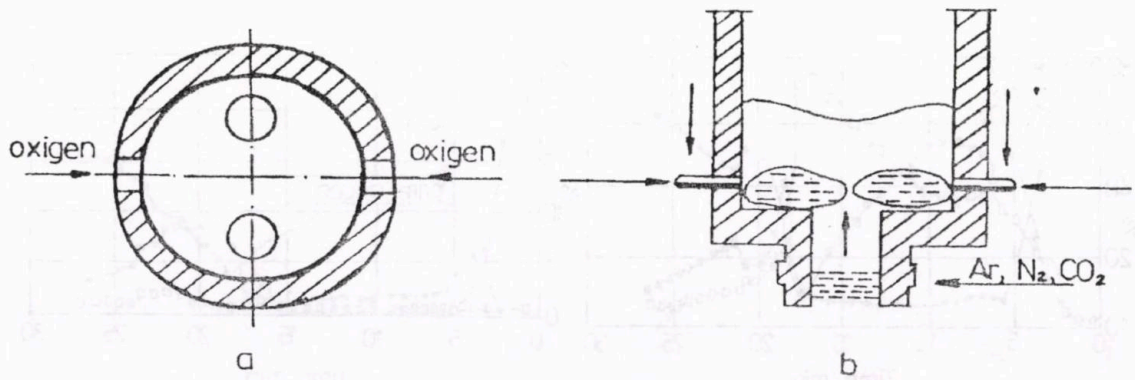


Fig. 3

Amplasarea dispozitivelor de insuflare imersata a oxigenului în baia metalica:a - sectiune transversala; b - sectiune longitudinala
Submerged oxygen injection devices position in the melt: a - cross section; b - longitudinal section

» *controlul degazarii prin utilizarea spectrometrului de masa;*

» *cresterea capacitatii de aspiratie a pompei de vid.*

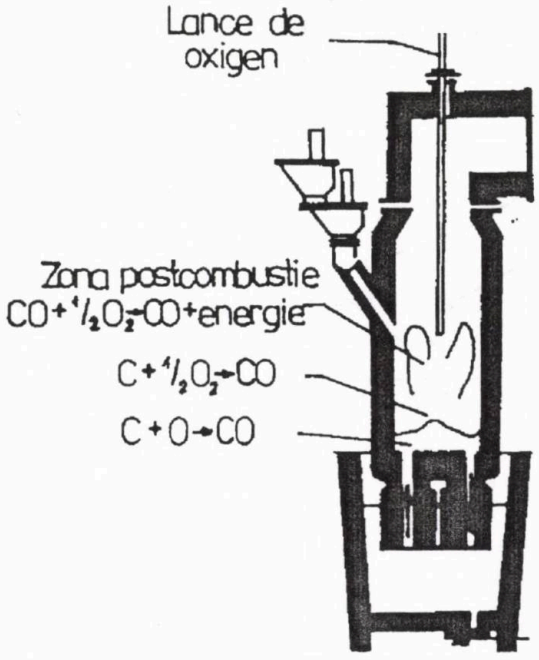


Fig. 4
Schema de amplasare a lancii în vederea insuflarii oxigenului în camera de vidare
Lance positioning for oxygen blowing

Pornind de la astfel de posibilitati de intensificare a proceselor, în cadrul actiunilor vizând modernizarea instalatiei RH sus-mentionate (destinate tratarii prin recirculare a sarjelor de 30 si 60 t) se urmareste:

» modificarea diametrului tuburilor plonjoare si a debitului de gaz insuflat, astfel încât sa se asigure o viteza de recirculare de 40 - 45 t/min;

» adoptarea solutiei de insuflare a oxigenului prin orificii imersate constând din dispozitive de injectare tangentiale (fig.3, a,b);

» insuflarea oxigenului în camera de vidare în vederea postcombustiei CO (fig.4) si înlocuirea instalatiei electrice de încalzire;

» controlul duratei procesului de degazare, utilizând determinarea continua a compozitiei chimice a gazelor evacuate, cu ajutorul unui spectrometru de masa;

» cresterea capacitatii de aspiratie prin racirea gazelor evacuate.

Descrierea rezultatelor metalurgice

In urma modernizarilor sus-mentionate ale instalatiei RH, vizând de fapt transformarea ei în instalatie RH - OB, principalele performante metalurgice caracteristice au în vedere urmatoarele:

» diminuarea pierderilor de temperatura ale otelului lichid cu circa 20 - 25^{0}C, ca urmare a efectului reactiilor exoterme;

» posibilitatea obtinerii de continuturi foarte scazute de carbon în durate de tratare mai mici (fig.2);

» controlul duratei procesului de degazare, atunci când variatia compozitiei gazelor evacuate (fig.5) permite urmarirea eficientei îndepartarii H_2, N_2 si CO.

Alaturi de avantajele importante descrise mai sus, se poate adauga faptul ca asemenea instalatii sunt singurele care ofera o eficienta sporita în cazul sarjelor de capacitati mari.

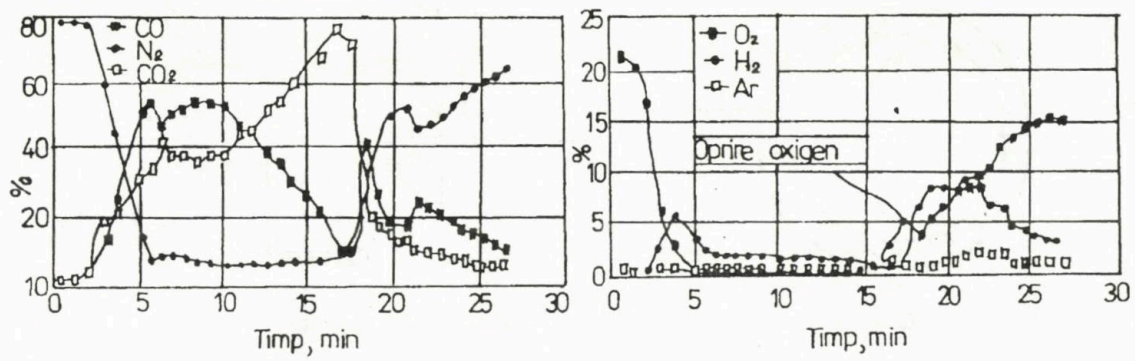


Fig. 5
Variatia compozitiei gazelor evacuate pe durata rafinarii în vid la utilizarea spectrometrului de masa: a - variatia CO, N_2, CO_2; b - variatia O_2, H_2, Ar
Exhaust gas analysis variation during vacuum refining, measured with a mass spectometer

Concluzii

Instalatia RH - OB reprezinta o solutie performanta de rafinare în vid, economica pentru sarje de capacitati mari provenite de la agregate primare cu functionare intensa.

Principalele sortimente de oteluri ce se pot trata acopera aproape întreaga gama de marci, grupate astfel:

» oteluri pentru sina de cale ferata (cu continut scazut de hidrogen);

» oteluri cu continut scazut si foarte scazut de carbon (de tip ELC si respectiv ULC);

» oteluri cu prescriptii severe în ceea ce priveste continutul de incluziuni nemetalice.

Astfel, se pot obtine în mod repetabil valori sub 50 ppm pentru carbon si respectiv sub 80 ppm pentru oxigen total.

Instalatiile RH modernizate se înscriu cu performante competitive calitativ si economic în configuratia moderna a fluxurilor de fabricatie, cu considerarea si a asigurarii cerintelor privind turnarea continua.

Lista de simboluri:

[C] - continutul de carbon dizolvat, %;
D_0 - diametrul interior al tuburilor plonjoare, m;
ε - densitatea energiei de agitare a baii metalice, W/t;
K_c - constanta vitezei reactiei de decarburare, min^{-1};
K_0 - constanta vitezei reactiei de dezoxidare, min^{-1};
[O] - continutul de oxigen dizolvat, %;
Q_g - debitul de gaz insuflat, Nm^3/s;
Q_0 - debitul de recirculare al baii metalice, t/s;
W_0 - greutatea sarjei lichide, t;
P_0 - presiunea în incinta vidata, atm;
P_1 - presiunea de insuflare a gazului, atm.

BIBLIOGRAFIE

[1] **Tripsa I.** : Retopirea si rafinarea otelurilor. Editura Tehnica, Bucuresti, 1984, p.262
[2] xxx : *Overview on Steelmaking technologies.* In: Trans. ISIJ, vol.25,1985, p.68
[3] **Stolte G.**: The Economical Aspects of VACMETAL's *Equipments for Steelmarking. United Nations Seminar, Dresda, iunie 1989, p.5*
[4] **Wissner O.**: *Potential of Secondary and Vacuum Metallurgy Systems in the Modernization of Existing Steelworks for Special and Mass Steel Production.* Symposium on Vacuum Metallurgy, Bucuresti, iunie 1990, p.5
[5] **Inoue S.**: *Acceleration of Decarburization in RH Vacuum Degassing Process.* In: ISIJ International, vol.1, 1992, p.120
[6] **Yamaguchi K.:** *Effect of Refining Conditions for Ultra Low Carbon Steel on Decarburization Reaction in RH Degasser.* In: ISIJ International, vol.1, 1992, p.126
[7] **Nilsson C.**: *Improved Decarburization by Using a Porous Plug in the Lower Part of a RH-Vessel.* Scaninject VI, iunie 1992, Luleå, Suedia, p.429
[8] **Kuan S.**: *Rebuilding of RH no.1 at China Steel Corporation*. In: Metallurgical Plant and Technology, no.4, 1993, p.86

REVISTA REVISTELOR

STEEL RESEARCH, GERMANIA, 1993, Nr.1

- Folosirea investigatiilor la echilibru în practica uzinala pentru ajustarea continutului minim de P, p.2
- Transferul de masa într-un convertizor rece cu insuflare prin vatra, p.7
- Teste pe model cald ale efectului împroscarii din baia metalica în timpul decarburarii bailor de Fe-C prin injectia de oxigen pe deasupra baii, p.15
- Mecanismele generarii prafului într-un convertizor pentru elaborarea otelului inox, p.22
- Cinetica topirii deseurilor în baia de otel cu continut ridicat de carbon, p.28
- Cercetari asupra efectului Zn, asupra comportarii S în procesul de reducere a baii de fonta, p.35
- Cercetari experimentale asupra consumului de electrozi de grafit înveliti cu diferiti oxizi, p.35
- Distributia sulfului în baile de otel cu continut mic de S, p.45
- Realizari recente în puritatea otelului, p.48
- Cercetari în controlul proceselor termic si de dinamica fluidului în oala, p.54
- Noi materiale de referinta pentru sensori electrochimici folositi la masurarea pe flux a compozitiei baii de otel, p.63
- Cresterea controlata de coliziune a compozitelor în tuburile de turnare continua, p.71
- Cinetica arderii carbonului în pulberea de turnare lubrifianta, p.77
- Aspecte fizico-chimice ale comportarii incluziunilor în otel, p.87
- Efectul adaosului de Ca în fondantul cu continut de Al asupra proprietatilor mecanice ale otelului de constructii, p.93
- Pericolul fragilizarii cu hidrogen în otelurile pretensionate de mare rezistenta cu protectie catodica, p.97

STUDIUL PROCESELOR DE TRANSFER AL AZOTULUI IN TOPITURILE FEROASE INALT ALIATE

Prof. dr. doc. ing. Tripsa Iosif - Universitatea "Politehnica" Bucuresti
Dr. ing. Popoiu Gheorghe, ing. Anghelina Dorel - Centrul de Cercetare-Proiectare

C.Z.:669.14

In prezent se manifesta o cerinta tot mai accentuata privind utilizarea de oteluri cu continuturi ridicate de elemente de aliere, obtinerea lor prin procese de elaborare (topire + rafinare) fiind înca principala metoda industriala aplicata pe scara larga.

Deoarece nivelul ridicat al interactiunilor dintre azot si aceste elemente de aliere contribuie în masura importanta la cresterea complexitatii si, deci, a costului elaborarii, controlul continutului de azot a devenit obiectul a numeroase studii si experimentari [1]-[9].

Ca urmare, se redau în continuare o serie de cercetari experimentale referitoare la posibilitatea intensificarii transferului azotului, aplicabile industrial în cadrul procedeului duplex cuptor electric cu arc - instalatie VOD, în vederea elaborarii eficiente a otelurilor inoxidabile cu continut controlat al acestui element.

Cercetari privind caile posibile de modificare a continutului de azot în topiturile înalt aliate cu crom

Varietatea formelor de existenta a azotului în fazele considerate pentru sistemul multicomponent ce constituie baia metalica supusa procesului de rafinare a dus la ideea diversificarii cailor posibile de transfer (îndepartare sau adaos), sistematizate dupa cum se prezinta în tabelul 1.

Tabelul 1

Diversificarea proceselor de transfer al azotului în conditiile rafinarii topiturilor înalt aliate
Nitrogen transfer diversity in high alloy melts

Tip proces	Caracteristici	
	Denitrurare	(Micro) Aliere
Transfer gaz-topitura	Tratare în vid	Retopire cu plasma (N_2)
	Barbotare cu gaze inerte	Tratare în conditii de suprapresiune (N_2)
	Barbotare cu gaze reactive	Barbotare cu N_2
Transfer baie metalica-zgura	Transfer electrochimic	Transfer electrochimic
	Tratare cu zguri speciale	
Transfer solid-topitura	Tratare cu elemente reactive	Adaos de $Ca(CN)_2$
	Generare de centri de nucleatie	Adaos de feroaliaje nitrurate

Potrivit datelor existente în literatura de specialitate [2], [4], [7], precum si cercetarilor efectuate privind aceste procese de transfer al azotului, se admite ca atât viteza cât si randamentul lor variaza în limite foarte largi (tab.2), astfel încât, în vederea asigurarii unui anumit continut (ridicat sau coborât), la adoptarea metodelor de rafinare adecvate se tine seama de urmatorele considerente:

» *asocierea transferului azotului cu un alt proces (decarburare, eliminare H_2, dezoxidare, desulfurare etc.) în cadrul aceleiasi operatii de rafinare;*

» *utilizarea, daca aceasta este oportuna, a unor agenti de rafinare cât mai ieftini.*

Pe lânga acestea, se apreciaza, conform determinarilor efectuate asupra bilantului azotului în cursul procesului de elaborare, ca utilizarea unor combinatii ale tehnicilor de transfer citate mai sus nu confera un efect "aditiv" al rezultatelor obtinute, în raport cu cel al proceselor desfasurate separat [1], [10].

Tabelul 2

Variatia principalelor caracteristici pentru diverse procedee de transfer al azotului la elaborarea otelurilor inoxidabile
Variation of the main properties for various nitrogen transfer processes during stainless steel making

Procedeul	Caracteristici:				
	kg x 10^2, min^{-1}		ηN_2, %		Domeniul $[N]_f$, ppm
	calculata	experim.	calculat	experim.	
Barbotare cu Ar	5,0	2,4...4	21,1	5... 16	sub 70...85
Barbotare cu CO_2	7,2	3... 5	27,0	5... 22	sub 70...80
Barbotare cu N_2	3,8	2.... 3	48,3	40... 46	400...600
Tratare în vid	4,3	8...11	43,0	20.. 34	sub 50...60
Tratare cu zgura	4,0	5... 8	31,6	25... 31	75...90
Adaos $CaCN_2$	18,7	7... 8	73,7	78... 80	peste 1000
Adaos FeCrN, FeMnN	25,6	30...35	93,4	80... 84	600...2000
Insuflare $CaCO_3$	11,9	12...14	49,9	35.. 44	sub 60...70
Generare de gaz purtator	13,6	15...18	59,8	42... 48	sub 60...70

Determinari experimentale privind regimurile de transfer al azotului la rafinarea otelului prin procese gaz-topitura

Procesul de transfer al azotului în sisteme gaz-topitura este cel mai raspândit la rafinarea otelurilor inoxidabile (cu exceptia eventual a asigurarii unor continuturi foarte ridicate), ca urmare a costului relativ scazut si a posibilitatii de asigurare a unei diversitati de operatii de rafinare [4], [5], [9].

Astfel, potrivit cunostintelor teoretice acumulate pâna în prezent în acest domeniu [1], [4], [6], [7], se admit urmatoarele:

» *procesul de transfer este descris din punct de vedere termodinamic de legea radacinii patrate (Sieverts):*

$$[N]_e = \frac{K_N}{f_N} x \sqrt{p_{N_2}}, \quad \% \qquad (1)$$

» *ordinul reactiei chimice este apropiat valorii doi, adica:*

$$\frac{d[N]}{d\tau} = k_N([N]_e^2 - [N]^2), \quad \%/min \qquad (2)$$

» *variatia continutului de azot depinde în masura importanta de [N]e si de valoarea vitezei globale de transfer (caracteristica unui proces de transfer în etape succesive):*

$$\frac{d[N]}{d\tau} = k_g \cdot ([N]_e - [N]), \quad \%/min \qquad (3)$$

Utilizarea practica a acestor relatii este adesea foarte complicata, prezentând inconveniente legate de determinarea dificila a f_N si k_g în mod specific fiecarui caz în parte, pentru cazul k_g fiind utilizata de regula relatia:

$$1/k_g = \frac{V_b}{A_e}(1/\beta_{[N]} + 1/\beta_N + 1/\beta_{\{N_2\}}), \quad min^{-1} \qquad (4)$$

în care se admite, potrivit determinarilor experimentale [7], ca valoarea $\beta_{\{N_2\}}$ = 0,15 .... 0,44 cm/s pentru o gama larga a variatiei parametrilor caracteristici interactiunilor gaz-topitura.

Pentru elucidarea extinderii domeniilor critice de transfer (în regim cinetic, respectiv de difuzie), au fost efectuate determinari referitoare la topiturile înalt aliate cu Cr, Ni, Mn, obtinându-se prin tehnici specifice, în conditii de laborator (1550^{0}C), urmatoarele:

» studiul fenomenului de "asimetrie" a ordinului de reactie în cursul proceselor de adsorbtie si desorbtie a azotului (fig. 1);

» influenta prezentei elementelor tensoactive (oxigen, sulf) asupra vitezei de reactie cu participarea N_2 (fig. 2);

» stabilirea domeniilor de extindere a regimurilor posibile de transfer (fig. 3).

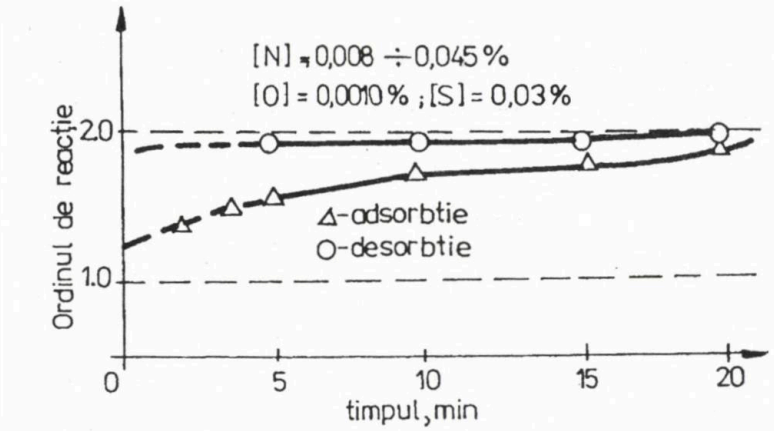


Fig. 1
Variatia si asimetria ordinului de reactie în cazul adsorbtiei si desorbtiei azotului
Reaction variation and order asymetry for nitrogen adsorption and desorption

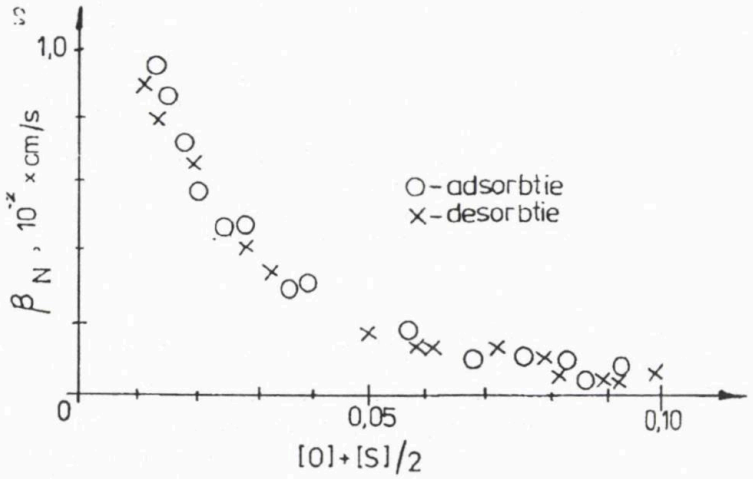


Fig. 2
Dependenta constantei vitezei reactiei de transfer a azotului în functie de continutul de elemente tensoactive
Nitrogen transfer reaction consistency depending on tensoactive elements content

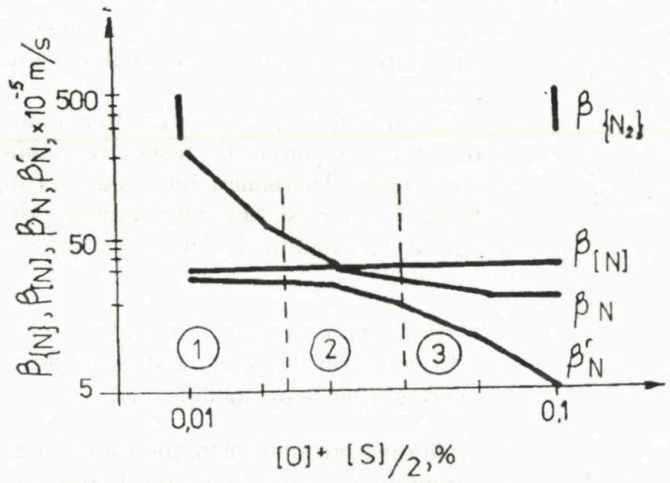


Fig. 3
Reprezentarea grafica a domeniilor caracteristice diverselor regimuri de transfer al azotului: 1 - regim de difuzie; 2 - regim intermediar; 3 - regim cinetic
Graphic diagram for various nitrogen transfer regimes: 1 - diffusion regime; 2 - intermediate regime; 3 - kinetic regime

In acest mod, pornind de la relatiile (1) - (4), precum si de la rezultatele de mai sus, au fost implementate în conditii industriale de elaborare o serie de aplicatii specifice, descrise în cele ce urmeaza.

Aplicatii industriale privind asigurarea gestionarii azotului la elaborarea otelurilor inoxidabile

Complexitatea transferului azotului la elaborarea otelurilor inoxidabile consta în principal în caracterul oxidant al operatiei de decarburare avansata, la care se adauga efectele altor factori termodinamici si cinetici.

In aceste conditii au fost efectuate experimentari utilizând instalatia VOD, referitoare la:

» denitrurarea avansata a topiturilor de tip Fe -18% Cr-2%Mo;

» microalierea cu azot a otelurilor 18%Cr-10%Ni;

» elaborarea de oteluri cu continut ridicat de azot.

Realizarea acestora a avut la baza metode specifice rezultate prin considerarea unei corelatii favorabile a factorilor tehnologici cu parametrii termodinamici si cinetici, utilizând în mod corespunztor:

» generarea de gaz purtator în baia metalica suprasaturata în N_2, barbotata în vid cu Ar (CO_2);

» nitrurarea baii metalice în mediu de N_2, prin barbotare cu azot;

» alegerea unor compozitii chimice favorabile cresterii solubilitatii azotului (de exemplu Fe-18%C-7%Mn-4%Ni).

Controlul procesului de transfer al azotului a fost urmarit cu ajutorul compozitiei chimice a gazelor evacuate, determinata utilizând spectrometrul de masa. Comparativ

cu valorile determinate în conditii de laborator, cu referire la regimul si cinetica procesului de transfer, rezultatele obtinute sunt considerate satisfacatoare.

Rezultate metalurgice

Aplicarea metodelor sus-mentionate, referitoare la intensificarea procesului de transfer al azotului, a condus la posibilitatea elaborarii unor sortimente de oteluri inoxidabile cu continut controlat de azot, denumite si "economic aliate", dupa cum urmeaza:

» oteluri inoxidabile feritice cu C + N sub 250-300 ppm;

» oteluri inoxidabile austenitice microaliate cu azot în domeniul 400-600 ppm;

» oteluri inoxidabile austenitice cu N = 1000 ... 2200 ppm.

Totodata, au fost realizate durate rationale ale rafinarii ca urmare a unui control mai îngrijit al procesului de transfer al azotului, caracterizat în principal printr-o cinetica înalta a acestuia.

Concluzii

Optimizarea conditiilor de transfer al azotului în topiturile înalt aliate contribuie în mod decisiv la adoptarea unor strategii de rafinare eficiente, în scopul elaborarii otelurilor inoxidabile.

Alaturi de posibilitatea elaborarii, utilizând o conceptie comuna unitara, a acestui sortiment larg de asemenea oteluri având caracteristici superioare, rezultatele obtinute confirma totodata si îmbunatatirea performantelor instalatiei **VOD** privind diminuarea costurilor de exploatare.

Lista de simboluri

A_e - suma totala a suprafetelor interfazice caracteristice transferului azotului în sisteme gaz-topitura, m^2;
$\beta_{[N]}, \beta_N, \beta_{\{N_2\}}$ - constantele de viteza ale transferului în baia metalica, ale reactiei chimice, respectiv ale transferului în faza gazoasa, m/min;
$d_{[N]}/d\tau$ - viteza de transfer a azotului, %/min;
f_N - coeficientul de activitate a azotului în topitura înalt aliata;
K_N - constanta de dizolvare a azotului, $atm^{-1/2}$;
k_g - viteza globala de transfer al azotului, min^{-1};
$k_{[N]}, k_N, k_{\{N_2\}}$ - vitezele de transfer al azotului în topitura, ale reactiei chimice, respectiv în faza gazoasa, min^{-1}, $\%^{-1} \times min^{-1}$, min^{-1};
[N] - continutul de azot dizolvat în topituri, %;
$[N]_e$ - continutul de azot corespunzator echilibrului;
$[N]_f$ - continutul final de azot, %;
p_{N_2} - presiunea partiala a azotului în faza gazoasa, atm;
τ - timpul, min;
V_b - volumul topiturii, m^3.

BIBLIOGRAFIE

[1] **Ishil F.** : *Solubility of Nitrogen in Liquid Chromium and Chromium Iron Alloys*. In: Trans, ISIJ, nr. 26,1986, p.128

[2] **Steimetz E.** : *Reaktionstechnik der Stickstoffaufnahme beim Einblasen in Fe-Cr-Ni-Mo Schmelzen.* In: Stahl und Eisen, nr.10,1987, p.425

[3] **Lindenberg H,** : *Entwicklung der Schmelzmetallurgie nichtrostender Stäle.* In: Stahl und Eisen, nr.25,26,1987, p.1197

[4] **Shinme K.** : *Acceleration of Nitrogen Removal in Stainless Steel under Reduced Pressure.* In: Trans. ISIJ, nr.4,1988, p.297

[5] **Wiesser O.** : *Potential of Secondary and Vacuum Metallurgy Systems in the Modernization of Existing Steelworks for Special und Mass Steel Production.* Symposium on Vacuum Metallurgy, Bucuresti, iunie 1990, p.2

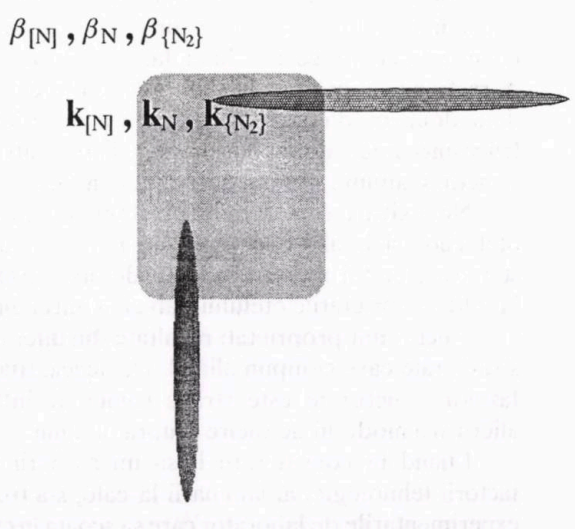
[6] x x x: The VAD-VOD '90-4th International Conference, Chicago, sept. 1990, p.51

[7] x x x : ISIJ International-special issue on interfacial phenomena, nr.1,1992, p.111,136

[8] **Fruehan R.** : *Refining Strategies of Optimization for Phosphorus and Nitrogen Control.* Scaninject, iunie 1992, Luleå, p.285

[9] **Thomas J.** : *Nitrogen Control During EAF Steelmaking.* In: Iron and Steelmaker, nr.1, 1994, p.41

[10] **Anghelina D.** : *Cercetari fizico-chimice privind cresterea gradului de valorificare a elementelor de aliere prin utilizarea de resurse neconventionale la eleborarea otelurilor inoxidabile cu continut controlat de azot.* Teza de doctorat, UP-FSIM, Bucuresti, 1994, p.45



TEHNOLOGIE DE TRATAMENT TERMIC IN FLUXUL DE LAMINARE A SÂRMELOR SI BARELOR CU DIAMETRU MIC

Ing. Lauby Petra, ing. Gâtlan Mircea, sing. Toma Romulus - Centrul de Cercetare-Proiectare

C.Z.: 621.785

Datorita inconvenientei, de altfel cunoscuta, a neomogenitatii chimice a otelului elaborat în cuptoarele Martin, s-au urmarit si cercetat 100 de sarje de otel slab aliat destinat laminarii sârmelor si barelor cu diametrul maxim de 30 mm. Plecând de la faptul ca elementele de aliere sunt din ce în ce mai scumpe, aceste sarje au fost elaborate fara V sau Ti. Concomitent cu faza industriala s-au desfasurat lucrarile în laboratorul C.C.P.H.

Probele au fost supuse încercarilor la tractiune, analizelor microscopice structurale, analizei chimice, încercarilor de racire cu diferite medii, analizei ecuatiilor de corelare între numerosi parametri. Din aceste analize s-au desprins urmatoarele:

Pentru R_m si $R_{po,2}$ ponderea cea mai mare de influenta o au carbonul si raportul Mn/Si (diferit la cele trei laminoare).

Pentru alungire, ponderea cea mai mare de influenta o are carbonul echivalent.

O alta corelatie pe care am obtinut-o din analiza statistica a fost dependenta limitei de curgere, a rezistentei la rupere si a alungirii în raport cu suprafata transversala a laminatelor.

Aceasta corelatie a aratat faptul ca R_m si $R_{po,2}$ sunt dependente de suprafata transversala într-o proportie însemnata, descrescând de la profilurile cu diametre mici catre cele cu diametre mari.

Analiza microscopica a scos în evidenta o structura feritoperlitica, iar analiza chimica pe probe se mentine ca grad de neomogenitate.

Considerând ca la otelariile Martin nu se pot aduce îmbunatatiri în ceea ce priveste omogenitatea compozitiei chimice a otelului, fara costuri mari care se rasfrâng asupra produsului finit, s-a trecut la cea de-a doua modalitate de ridicare a proprietatilor fizico-mecanice ale otelurilor slab aliate pentru constructii, si anume tratamentul termic în flux.

Necesitatea tratamentului termic în cazul otelurilor slab aliate depinde în mare masura de starea austenitei obtinute în cursul deformarii plastice la cald. Proprietatile otelului slab aliat întrebuintat în constructii sunt proprietati rezultate din diferite faze structurale care compun aliajul. De aceea, studierea fazelor structurale este strâns legata de influenta alierii si a modului de racire asupra otelului.

Luând în considerare lipsa microalierii si toti factorii tehnologici ai laminarii la cald, s-a trecut la experimentarile de laborator care sa scoata în evidenta pentru ce compozitie chimica si la ce tratament termic putem obtine proprietati fizico-mecanice cât mai bune pentru otelurile slab aliate elaborate la Siderurgica S.A.

Conditiile impuse pâna în acest moment al lucrarii sunt:

» la otelarii: otel neomogen chimic cu o structura nefinisata în lipsa elementelor de aliere Ni, V, Ti;

» la laminarea la cald: imposibilitatea modificarii gradului de deformare, a temperaturii de sfârsit de laminare, a vitezei de laminare, imposibilitatea realizarii tratamentului termomecanic etc.

In aceste conditii singura solutie ramâne calirea superficiala într-un mediu intens de racire folosind caldura de sfârsit de laminare. S-a trecut la o noua etapa industriala de elaborare si laminare la cald.

Dupa elaborare am clasificat sarjele în: otel slab aliat cu ≈ 0,8% Mn, otel slab aliat cu ≈ 1,15% Mn, otel slab aliat cu maximum 1,6% Mn, iar laminarea la cald s-a desfasurat cu racire cu apa atomizata.

Sarjele cu ≈ 0,8% Mn, ≈ 0,02% C, ≈ 0,40% Si s-au comportat ca un otel carbon. Structura uniforma este feritoperlitica si, pe masura accentuarii racirii, devine mai fina si cu duritatea mai mare. Intre structura probei racite în apa si cea în apa pulverizata nu exista mari diferente.

Sarja cu ≈1,56% Mn (<0,25%C, <0,47% Si) prezinta o evolutie interesanta a structurii. Domeniul perlitic este mai accentuat la viteze mici de racire, iar la raciri intense se ajunge la structura martensitica (alungirea este compromisa).

La sarja cu ≈ 1,15% Mn (≈0,23 %C; ≈0,35%Si) se observa cel mai bine rolul racirii în obtinerea unei structuri care la rândul ei asigura cele trei proprietati dorite. La racirea în apa si apa pulverizata alaturi de ferita si perlita se observa si bainita repartizata în zonele interdendritice mai bogate în mangan. Aceasta bainita prezinta o morfologie mai aparte, rezultând dintr-un fenomen de microsegregatie a elementelor gamagene (în cazul de fata Mn) în austenita în cursul transformarii bainitice [3].

Ameliorarea calibilitatii datorita manganului se explica nu numai prin aparitia constituentilor de calire, ci mai ales a afinarii grauntelui feritic, el fiind mai putin sensibil la viteza de racire (fig. 1). Analizând

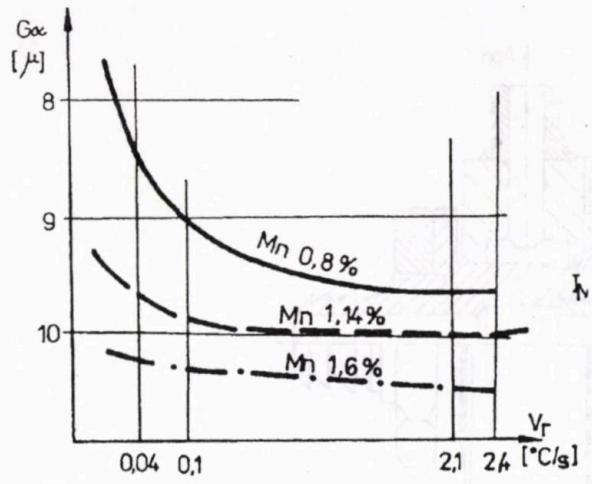


Fig. 1
Afinitatea grauntelui (Gα) feritic în functie de continutul de Mn si viteza de racire
Feritic grain refinement (Gα), depending on Mn content and cooling rate

si diagramele din figura 2, care dau evolutia indicelui de segregare dendritica a Si si Mn la t = $=1000^0$C pentru cele trei oteluri [3], se constata ca pentru oteluri cu continut relativ mic de elemente de segregatie (ca Si si Mn) un interes practic si economic îl prezinta otelul cu ≈1,15% Mn. Peste aceasta compozitie indicele de segregatie al Mn creste în dauna omogenitatii chimice si structurale. Aceeasi evolutie nefavorabila o prezinta cele doua limite ale procentului de Mn si în ceea ce priveste duritatea (fig. 3).

Otelul cu 1,6% Mn prezinta o usoara marire a duritatii, dar si riscul aparitiei ductilitatii, pe câta vreme otelul cu 1,15% Mn prezinta un maxim de garantie la racire si certitudinea obtinerii caracteristicilor fizico-mecanice cerute de norme.

In acest moment al cercetarii se cunosc parametrii care vor influenta nivelul proprietatilor fizico-mecanice, si anume:

» otelul slab aliat pentru constructii (tip PC) poate fi elaborat cu Mn < 1,20% dar >0,8%, la o temperatura de racire relativ ridicata;

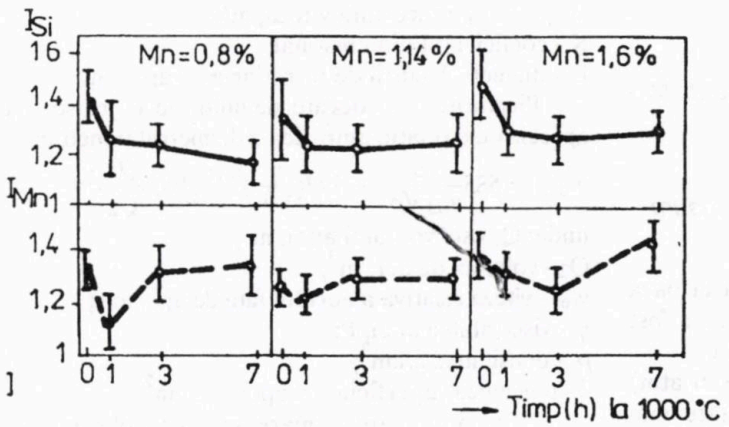


Fig. 2
I_{Si} si I_{Mn} în otel slab aliat cu Mn între o,8 si 1,6%
I_{Si} and I_{Mn} in steel grades with low Mn content (0.8 - 1.6%)

» temperatura de la care porneste racirea este de preferat 1000^0C (din masuratori, media temperaturii a rezultat la 1022^0C).

Un procedeu relativ nou de racire este atomizarea apei cu ajutorul aerului comprimat.

Avantajele acestui procedeu sunt urmatoarele:

» *înlatura fenomenul de calefactie prezent la racirea în apa;*

» *calitatea picaturilor, finetea si densitatea lor pot prezenta un mediu de racire mai bun decât apa (aceasta explicându-se printr-*

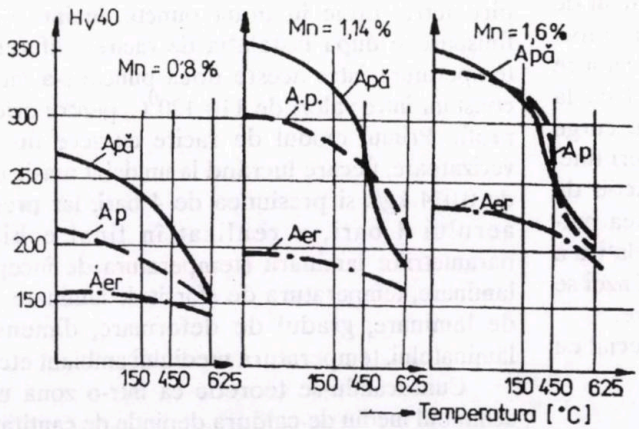


Fig. 3
Evolutia duritatii la racirea în trei medii de racire la otel cu Mn cuprins între 0,8 si 1,6%
Hardness variation during th e three cooling stages with different media for steel grades having 0.8 - 1.6%Mn

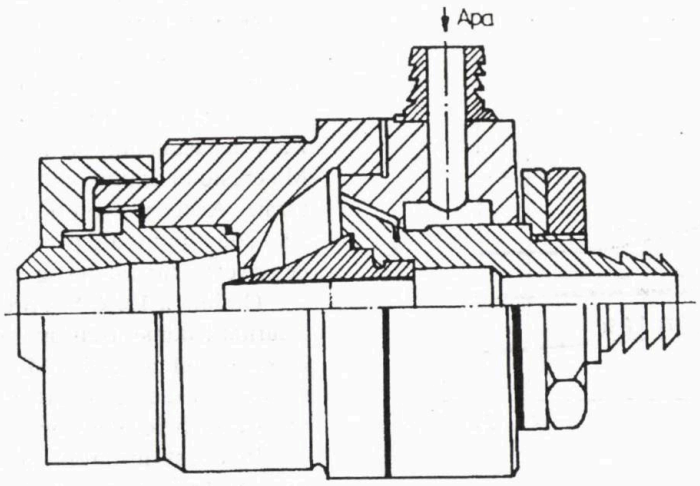


Fig. 4
Duza de pulverizare
Spraying nozzle

o suprafata de captare a radiatiei mai mare decât daca s- ar folosi ca mediu de racire apa);

» *printr-o judicioasa amplasare a pulverizatoarelor, se poate obtine o racire uniforma a materialului (lucru observat pe microstructura probelor);*

» *procedeul este mai ieftin, având un consum de apa redus.*

Principiile ajutajului **Körting,** care sta la baza multor pulverizatoare moderne prin presiune, a fost folosit la proiectarea unei duze de pulverizare.

Apa se introduce sub presiune (1,6 ÷ 6 atm) tangential. Pe peretii camerei sunt executate mai multe canale elicoidale. Apa intra cu viteza ridicata în camera de turbionare si se deplaseaza pe o spirala cu raza din ce în ce mai mica spre orificiul de pulverizare.

Facând abstractie de pierderile de presiune, produsul între viteza si raza drumului ramâne constant, iar apa se va scurge la intrarea în orificiul de pulverizare cu o viteza foarte mare. Apa nu umple complet acest spatiu, ci curge mai mult în strat subtire de-a lungul peretelui acestui orificiu, astfel ca la parasirea suprafetei si datorita aerului care curge central paraseste duza sub forma unor picaturi fine. Dimensiunile picaturii pot fi reglate în functie de presiunea comandata a apei si aerului. Finetea pulverizarii este cu atât mai mare cu cât viteza relativa a apei fata de aer este mai mare, iar ruperea pânzei se face cât mai departe de orificiul de pulverizare.

Diametrul maxim al picaturii poate fi apreciat cu ajutorul relatiei:

$$d_{max.} = KD\frac{W_{apa}}{W_{aer}}$$ unde:

W_{apa}, W_{aer} reprezinta viteza, m/s;
K - coeficientul dimensional;
D - diametrul gaurii de introducere a apei, m.

Picaturile considerate neuniforme în jet se pot aprecia cu o relatie empirica a diametrului mediu:

$$d_{med} = 585\frac{\sqrt{\delta}}{v_{rel}\sqrt{\rho}} + 597\left(\frac{\eta}{\sqrt{\delta}}\right)^{0,45}\left(1000\frac{Q_1}{Q_2}\right)^{1,5}$$

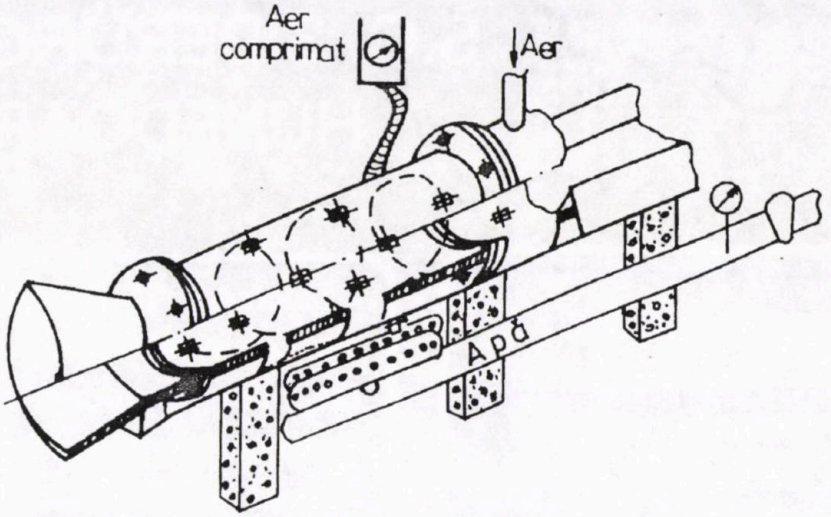
unde: Q_1 este volumul apei, m^3;
Q_2 - volumul de aer, m^3;
v_{rel} - viteza relativa a aerului fata de apa, m/s;
η - viscozitatea apei, P;
ρ - densitatea, g/cm^3;
δ - tensiunea superficiala a apei, erg/cm^2.

La o prima aproximare se poate observa ca diametrul mediu al picaturii este de ordinul 10^{-3} mm.

Influenta parametrilor laminarii si nivelul racirii s-au putut aprecia dupa ce s-a realizat primul tronson de racire.

In acest scop s-a masurat temperatura cu pirometrul optic în doua puncte, înainte de caja finisoare si dupa instalatia de racire. Diferenta de temperatura între aceste doua puncte s-a mentinut constant între valori de 110-120^{0}C, pentru oricare ϕ profil. Primul modul de racire cu zece duze pulverizatoare, fiecare lucrând la un debit masic de apa de 0,014 kg/s si presiunea de 4 bari, iar presiunea aerului 4 bari, a realizat în final echilibrul parametrilor laminarii (temperatura de început de laminare, temperatura de sfârsit de laminare, viteza de laminare, gradul de deformare, dimensiunea laminatului, temperatura mediului ambiant etc.).

Cunoscându-se teoretic ca într-o zona unitara schimbul mediu de caldura depinde de cantitatea de



ORSZÁGOS MŰSZAKI INFORMÁCIÓS KÖZPONTI ÉS KÖNYVTÁR 1883

Fig. 5
Modul de racire
Cooling module

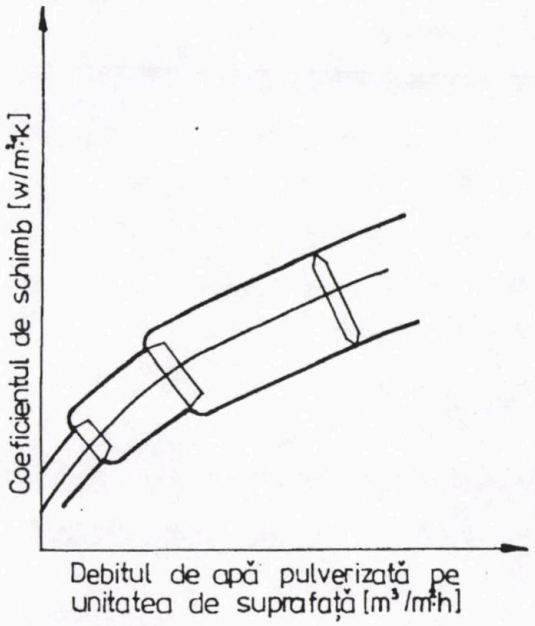


Fig. 6
Evolutia coeficientului de schimb termic în functie de cantitatea de apa pe unitatea de suprafata
Heat exchange coefficient variation with the water quantity on area unit

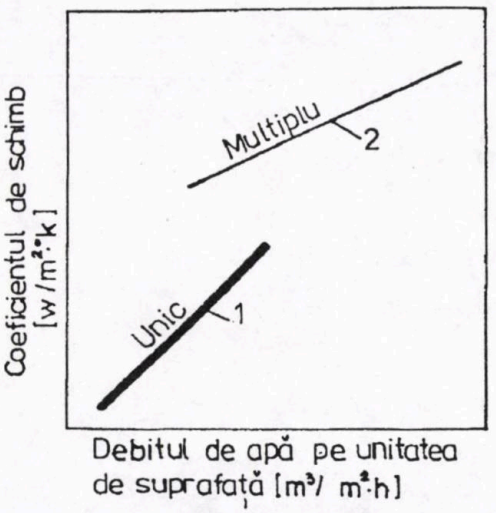


Fig. 7
Performante comparate ale unei pulverizari unice (1) si ale unei pulverizari multiple (2)
Comparative performances of one spraying (1) versus multiple spraying

apa care trece peste aceasta zona, se poate constata (fig.6) ca peste o valoare a debitului de apa pulverizata efectul racirii este minim, deci schimbul de caldura este îngreuiat, ajungându-se la fenomenul de "*saturatie termica*".

Amplasarea pulverizatoarelor pe o sinusoida în jurul tunului si la 120^0 s-a realizat din aceleasi considerente. In figura 7 se poate observa ca la o crestere apreciabila a debitului de apa schimbul de caldura al unui modul de racire creste brusc.

Aceste rezultate reprezinta punctul de plecare în realizarea optimizarii racirii cu apa pulverizata.

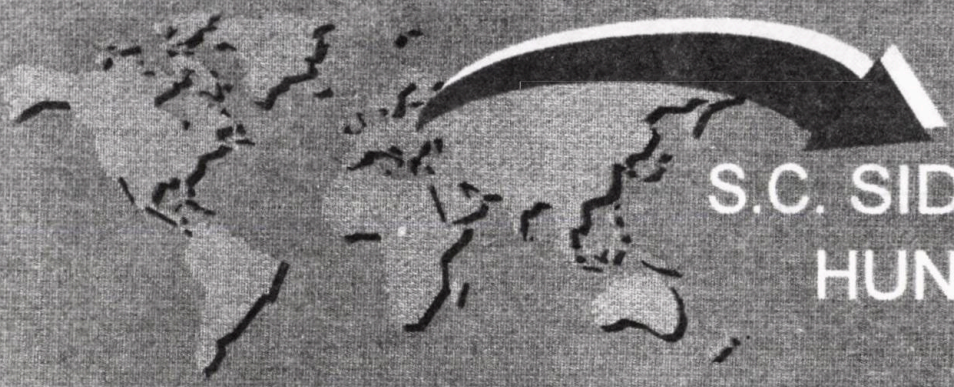
BIBLIOGRAFIE

[1] **Popescu M., Gheorghe C., Popescu O.**: Tratamente termice neconventionale. Ed. Tehnica, Bucuresti, 1990

[2] **Samoilescu S.**: *Cercetari privind corelatia dintre factorii care influenteaza neuniformitatea deformatiei si calitatea laminatelor*. Lucrare de doctorat, 1979

[3] **Leger T., Gallet G.**, s.a.: Revue de metallurgie, nr. 4, 1979, p. 1995

[4] **Marinescu M., Stefanescu D., Alder O.**: Instalatii de ardere. Culegere de probleme pentru ingineri. Ed. Tehnica, Bucuresti, 1985



S.C. SIDERURGICA S.A. HUNEDOARA

Societatea Comerciala "Siderurgica" S.A. Hunedoara produce si comercializeaza la preturi competitive urmatoarele produse:

* tagle pentru tevi din otel carbon , slab aliat, aliat si inalt aliat (inoxidabil);
* blumuri si tagle din otel carbon, slab aliat, aliat si inalt aliat pentru constructia de masini;
* tagle din otel pentru rulmenti;
* profile fasonate I,U, cornier, T;
* profile pentru:
  * senile de tractor si excavator ;
  * brazdar de plug ;
  * armatura de mina ;
  * transportoare de mina ;
  * aparate de cale ferata si sina ac ;
  * traverse CF ;
* sirma pentru armaturi beton, tragatorii, cord metalic ;
* piese turnate si forjate ;
* utilaj pentru turnarea otelului (poduri, lingotiere, pilnii) ;
* coces metalurgic ;
* benzen, naftalina, smoala, sulf, toluen ;
* fonta de afinare si de turnatorie ;
* zgura granulata si vata de zgura ;
* calcar si var ;
* dolomita calcinata si sinterizata ;
* blocuri dolomitice ;

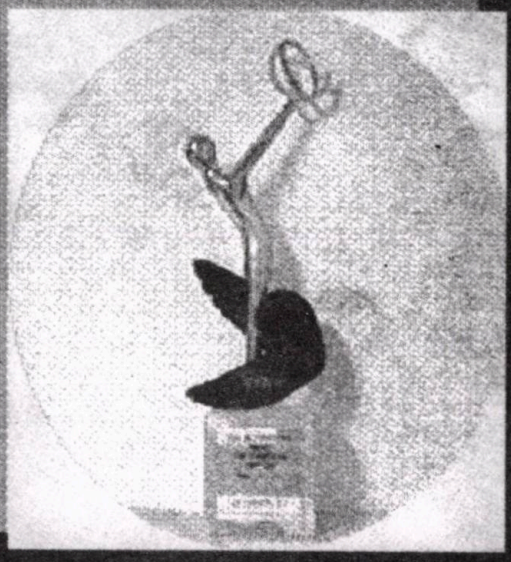
" Siderurgica" S.A. Hunedoara produces and commercialises at competitive prices the following products:

* carbon, low-alloyed, alloyed and high alloyed steel billets for tubes (stainless steel) ;
* carbon, low-alloyed, alloyed and high alloyed steel billets and blooms for machine building ;
* steel billets for bearings ;
* shaped sections, IPE-beams, channels, angles, T-sections ;
* profiles for :
  * tractor and excavator track shoes
  * plough shares ;
  * mine gallery supporting ;
  * mine conveyors ;
  * railroad accessories siding rail ;
* wire for concrete reinforcements, for drawing, metallic cord ;
* cast and forged pieces ;
* equipment for steel casting (platforms, moulds, funnels) ;
* metallurgical coke ;
* benzene, naphthalene, tar, sulphur, toluene ;
* refining and cast pig iron ;
* granulated slag and slag wadding ;
* lime and chalkstone ;
* calcined and sintered dolomite ;
* dolomitic blocks ;

THE LONG PRODUCTS
LEADING COMPANY IN ROMANIA

International
eading Company
ward Madrid 1991

Euromarket Award 1992
European Market Research
Center



XXIII International Award
For Commercial Prestige
Madrid 1993

can contact us :
puteti contacta :

8, Constantin Bursan Street
2750, HUNEDOARA
ROMANIA

elephone Exchange : +40/95/716121,716131,716521
eneral Manager : +40/95/712783
omercial Manager : +40/95/712784
lex : 72411 cbsid-r, 72412 cbsid-r
elefax : +40/95/712266, 716008,
717650

Tipărit la «ARTA GRAFICĂ» S.A., Bucureşti

S.C. SIDERURGICA S.A. HUNEDOARA

Societatea Comerciala "Siderurgica" S.A. Hunedoara produce si comercializeaza la preturi competitive urmatoarele produse:

* tagle pentru tevi din otel carbon , slab aliat, aliat si inalt aliat (inoxidabil);
* blumuri si tagle din otel carbon, slab aliat, aliat si inalt aliat pentru constructia de masini;
* tagle din otel pentru rulmenti;
* profile fasonate I,U, cornier, T;
* profile pentru:
  * senile de tractor si excavator ;
  * brazdar de plug ;
  * armatura de mina ;
  * transportoare de mina ;
  * aparate de cale ferata si sina ac ;
  * traverse CF ;
* sirma pentru armaturi beton, tragatorii, cord metalic ;
* piese turnate si forjate ;
* utilaj pentru turnarea otelului (poduri, lingotiere, pilnii) ;
* coces metalurgic ;
* benzen, naftalina, smoala, sulf, toluen ;
* fonta de afinare si de turnatorie ;
* zgura granulata si vata de zgura ;
* calcar si var ;
* dolomita calcinata si sinterizata ;
* blocuri dolomitice ;

" Siderurgica" S.A. Hunedoara produces and commercialises at competitive prices the following products:

* carbon, low-alloyed, alloyed and high alloyed steel billets for tubes (stainless steel) ;
* carbon, low-alloyed, alloyed and high alloyed steel billets and blooms for machine building ;
* steel billets for bearings ;
* shaped sections, IPE-beams, channels, angles, T-sections ;
* profiles for :
  * tractor and excavator track shoes
  * plough shares ;
  * mine gallery supporting ;
  * mine conveyors ;
  * railroad accessories siding rail ;
* wire for concrete reinforcements, for drawing, metallic cord ;
* cast and forged pieces ;
* equipment for steel casting (platforms, moulds, funnels) ;
* metallurgical coke ;
* benzene, naphthalene, tar, sulphur, toluene ;
* refining and cast pig iron ;
* granulated slag and slag wadding ;
* lime and chalkstone ;
* calcined and sintered dolomite ;
* dolomitic blocks ;

THE LONG PRODUCTS LEADING COMPANY IN ROMANI

International
Leading Company
Award Madrid 1991

Euromarket Award 1992
European Market Research
Center

XXIII International Award
For Commercial Prestige
Madrid 1993

ou can contact us :
e puteți contacta :

8, Constantin Bursan Street
2750, HU NEDOARA
ROMANIA

Telephone Exchange : +40/95/716121,716131,716521
General Manager : +40/95/712783
Comercial Manager : +40/95/712784
Telex : 72411 cbsid-r, 72412 cbsid-r
Telefax : +40/95/712266, 716008, 717650

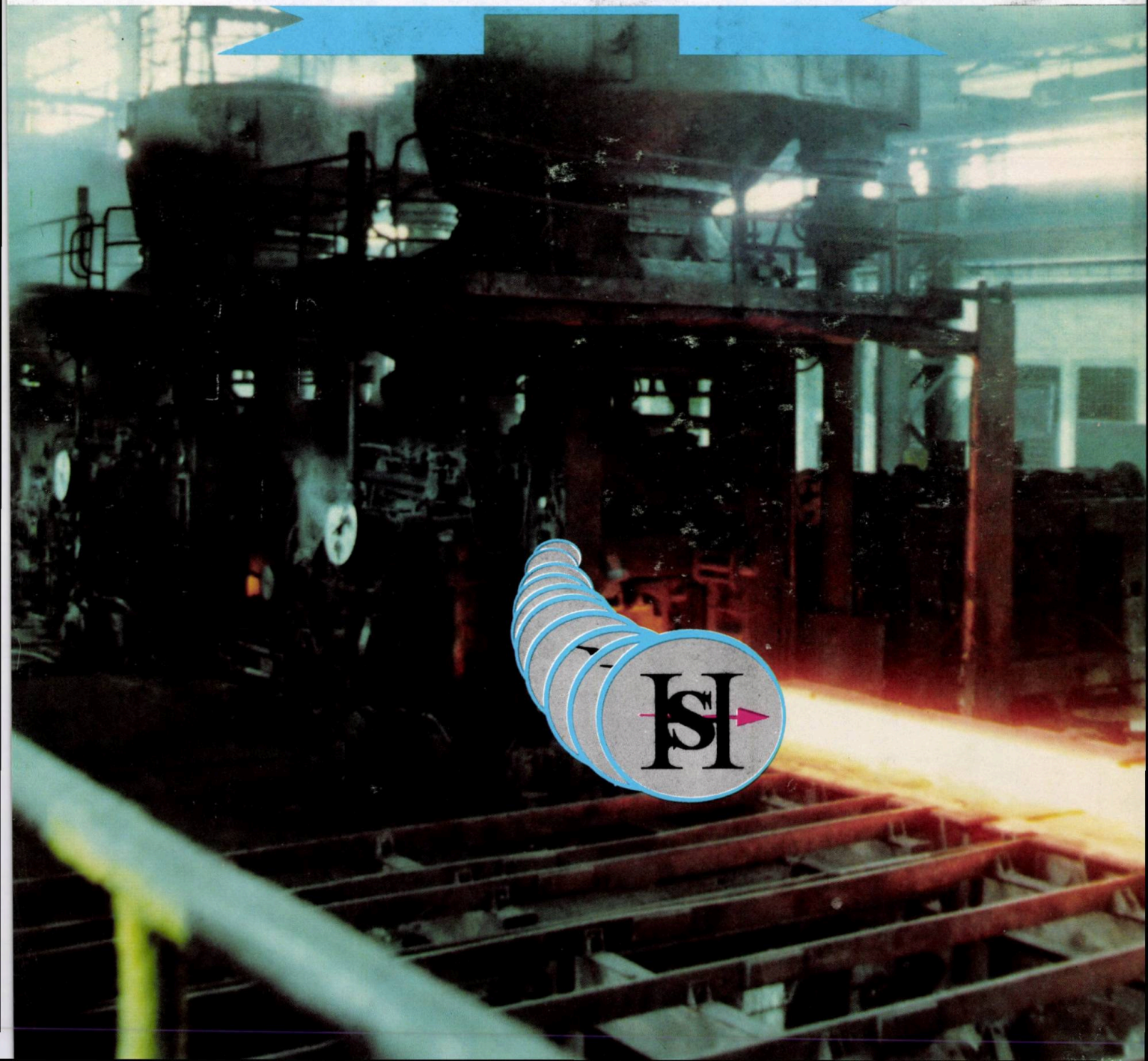
METALURGIA

E 3280

Revista tehnică editată de S.C. SIDERURGICA S.A.

ISSN 0461 - 9579

7/1994



THE WEIGHTY WORD
OF IRON & STEEL INDUSTRY

S.C. SIDERURGICA S.A.
HUNEDOARA

S.C. SIDERURGICA S.A. Hunedoara

ORSZÁGOS KÖZPONTI MŰSZAKI INFORMÁCIÓS KÖNYVTÁR 1863

Societatea Comerciala "Siderurgica" S.A. Hunedoara *produce si comercializeaza la preturi competitive urmatoarele produse:*

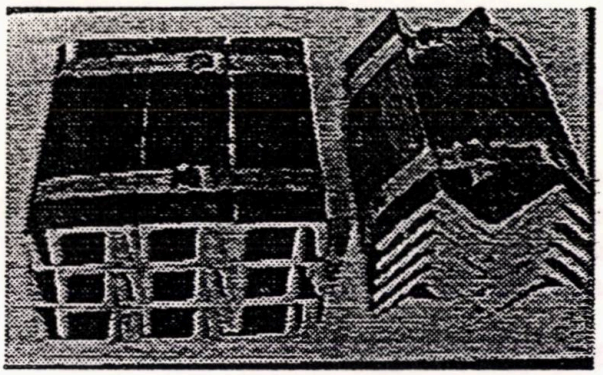
- ** tagle pentru tevi din otel carbon, slab aliat, aliat si inalt aliat (inoxidabil);*
- ** blumuri si tagle din otel carbon, slab aliat, aliat si inalt aliat pentru constructia de masini;*
- ** tagle din otel pentru rulmenti;*
- ** profile fasonate I,U, cornier, T;*
- ** profile pentru:*
  - ** roate de tractor si excavator;*
  - ** brazdar de plug;*
  - ** armaturi de mina;*
  - ** transportoare de mina;*
  - ** aparate de cale ferata si sine ac;*
  - ** macaz CF;*
- ** sarma pentru armaturi beton, trefilarii, cord metalic;*
- ** piese turnate si forjate;*
- ** utilaj pentru turnarea otelului (poduri, lingotiere, pâlnii);*
- ** cocs metalurgic;*
- ** benzen, naftalina, smoala, sulf, toluen;*
- ** fonta de afinare si de turnatorie;*
- ** zgura granulata si vata de zgura;*
- ** calcar si var;*
- ** dolomita calcinata si sinterizata;*
- ** blocuri dolomitice*

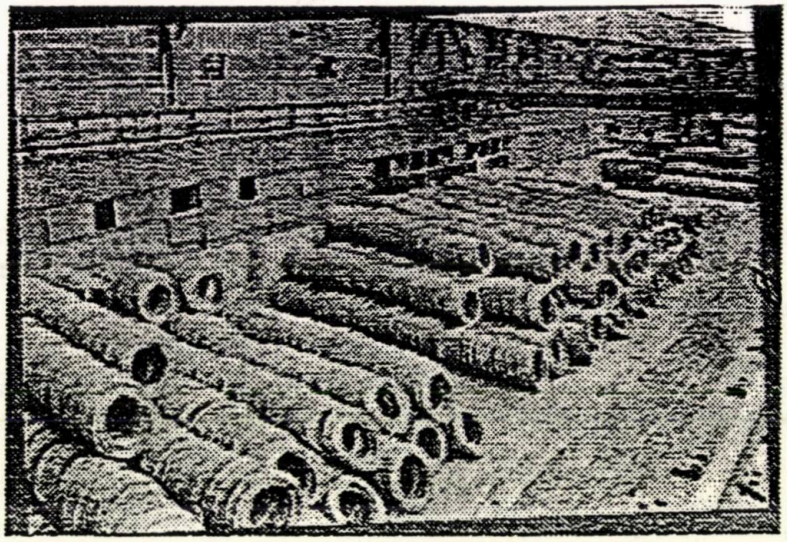
"Siderurgica" S.A. Hunedoara *produces and commercialises at competitive prices the following products:*

- ** carbon, low-alloyed, alloyed and high alloyed steel billets for tubes (stainless steel);*
- ** carbon, low-alloyed, alloyed and high alloyed steel billets and blooms for machine building;*
- ** steel billets for bearings;*
- ** shaped sections, IPE-beams, channels, angles, T-sections;*
- ** profiles for:*
  - ** tractor and excavator track shoes;*
  - ** plough shares;*
  - ** mine gallery supporting;*
  - ** mine conveyors;*
  - ** railroad accessories siding rail;*
- ** wire for concrete reinforcements, for drawing, metallic cord;*
- ** cast and forged pieces;*
- ** equipment for steel casting (platforms, moulds, funnels);*
- ** metallurgical coke;*
- ** benzene, naphthalene, tar, sulphur, toluene;*
- ** refining and cast pig iron;*
- ** granulated slag and slag wadding;*
- ** lime and chalkstone;*
- ** calcined and sintered dolomite;*
- ** dolomitic blocks*

If you'd like to know more about us, please write, call or fax:
B-dul Independentei no. 8, 5300 Focsani, Romania
Tel.: 037/914702
Telex:037/914702
Fax: 037/913823

LAMINORUL S. A. Focsani, România, is a rolling mill established as a joint stock company.
Equipped with modern plants, it makes high quality products to NID and/or Romanian standards.





We are specialized in medium size profiles, wire rod and concrete carbon steel. The gauges produced meet almost any standard specified by customers.

The chemical composition and mechanical properties of the rolled steel are controlled by our own specialized laboratories.

Infiintata în anul 1980, s. c. SILCOTUB s. a. este amplasata într-o regiune a tarii de un pitoresc aparte.

SILCOTUB S. A. · ZALAU · ROMANIA

Silcotub S. A. datoreaza pozitia sa între fabricantii de tevi fara sudura din România dotarii sale tehnice deosebite, care o situeaza si printre cele mai moderne producatoare de tevi din Europa.

Noutatea tehnologiilor aplicate garanteaza caracteristici superioare pentru produsele noastre:
tevi fara sudura din otel carbon si aliat în gama ⌀ (16...114)mm diametru, cu grosimi de perete între (1,6...10)mm pentru:

utilizari generale;

industria petrolului si gazului;

industria energetica;

otel beton si sârma de otel, laminate la cald, cu ⌀ (5,5...12)mm diametru; platbanda de otel cu diferite dimensiuni si cornier.

Silcotub S. A. dispune de echipamente moderne de control nedistructiv (prin ultrasunete), purtând marca NUKEM si de laboratoare capabile sa realizeze toate încercarile mecanice, chimice si metalografice clasice (LEKO, WOLPERT si OUTOKUMPU).

SILCOTUB S. A. · ZALAU

[illegible] 95,
[illegible] Romania,
[illegible] 2.150526,
[illegible]

Office Bucharest
Str. Edgar Quinet, nr. [illegible]
78000 - Sector 1,
Telefon [illegible]

ORSZÁGOS KÖZPONT ÉS KÖNYVTÁR 1883 MŰSZAKI INFORMÁCIÓS

S. C. INDUSTRIA SÂRMEI S.A.,

romanian leader

in wire and wire products,

offers a wide range of products

» sârma pentru cuie	» nail wire
» cuie	» nails
» sârma zincata	» galvanised wire
» sârma ghimpata	» barbed wire
» bare laminate	» rolled bars
» bare calibrate	» calibrated bars
» sârma pentru sudura	» welding wire
» electrozi de sudura	» welding electrodes
» flux de sudura	» welding flux
» conductori electrici	» electric leads
» sârma pentru talon auto	» bead wire
» sârma pentru beton precomprimat	» prestressed concrete wire
» toron pentru beton precomprimat	» prestressed concrete strand
» cabluri de tractiune	» drag ropes
» filiere	» drawing dies
» piese sinterizate din carburi	» sintered carbide components

Pentru relatii suplimentare rugam sa va adresati la sediul firmei:

For details please contact us at :

S. C. INDUSTRIA SÂRMEI S. A.

str. Laminoristilor nr. 145

3351, CÂMPIA TURZII

telefoane: 095-368044-Director Comercial - Trade Manager

095-368957-Sef Serv.Import-Export - Import - Export Dept. Head

095-368128-Sef Serv.Desfacere - Sales Manager

095-368661-666

telex: 31282

fax: 095-368957

095-367460

METALURGIA

REVISTA EDITATA DE "SIDEROM" S. A.

7 iulie 1994

Sumar

Chitu Gheorghe: **Orientari ale productiei siderurgice românesti** 5

Semenescu Augustin, Oprescu Iulian, Vârcolacu Ioan, Balescu Cezar, Mirea Vasile: **Automatizarea conventionala a cuptoarelor continui de coacere inelare** 12

Chira Ion, Marginean Ioan, Marginean Elena, Ruxanda Roxana: **Bororarea locala, selectiva prin aliere superficiala** 19

Chira Ion, Marginean Ioan, Marginean Elena, Ruxanda Roxana: **Modificari structurale prin alierea superficiala cu bor la turnarea cu modele gazificabile** 23

Mazilu Nicolae, Agop Maricel, Grancea Viorel, Vizureanu Petre: **Corelatie intre cazul uniaxial si triaxial pentru un corp izotrop. O generalizare a criteriului de cedare von Mises** . . 27

Semenescu Augustin, Oprescu Iulian, Vârcolacu Ioan, Balescu Cezar, Mirea Vasile: **Conducerea complexa asistata de calculator a cuptoarelor închise continui inelare de coacere a produselor carbonice** 31

Moldovan Petru, Chira Ion, Marginean Ioan, Pana Mihaela: **Topirea deseurilor la elaborarea aliajelor neferoase secundare** 36

Dumitru Corneliu, Chirita Constantin: **Solutii privind reducerea consumurilor energetice la cuptoarele de incalzire in vederea laminarii prin reproiectarea izolatiei termice** . . . 41

Munteanu Viorel, Levcovici Dan T., Oane Petre, Badea Petruta: **Cercetari privind posibilitatea de inlocuire a nichelului cu niobiu in otelul destinat fabricatiei tablelor groase pentru constructii navale** 43

Revista revistelor 11, 18, 26, 30, 35, 40, 42

Colegiul onorific de redactie

(in ordine alfabetica)

LUCIAN AMANCEI, VICTOR BERTALAN, ION CHIOSE, SORIN DIMITRIU, VICTOR GUIDEA DANILA, ALEXANDRU FLOREA, EMIL FLORIAN, LADISLAU FRUMOSU, RADU HANGA, PETRE IANC, GHEORGHE LEPADATU, STEFAN MARGINEANU, VIOREL MUNTEANU, PETRE NEDELESCU, OLARU IOAN, MIHAELA PANA, VASILE PARPALA, CRISTIAN PIRVAN, CONSTANTIN POPESCU, BUJOR ROSCA, SILVIU SAMOILESCU, EUGEN SANDU, IOAN FLORENTIN SANDU, HORATIU VODA

Redactor responsabil: prof. dr. ing. I. VÂRCOLACU

Revizie tehnica: prof. dr. ing. I. VÂRCOLACU

Sef CIDMET: ing. Brândusa Florentina Scortea

Redactor: ing. Brândusa Florentina Scortea

Stilizare, corectura: Ioana Kuglay, Rodica Rosu

Tehnoredactare computerizata: Lidia Vereanu

Redactia si administratia: Bucuresti, str. Mendeleev, nr.21-25, sector 1, cod 70168, telefon 6594990

Institutiile pot achita abonamentele în contul nostru de virament nr. 30 15 20 201 BCR-SMB. Costul unui exemplar: lei 1500

Traducere : ing. S. Florea

Gh.Chitu: **The Romanian steel industry's directions**

The paper is included in the frame of the ICEM research on the prospects of our steel industry.

The object of the research has been to give qualitative and type directions to the Romanian steel production, having in view the restructuring programme of this country's economy and future export posibilities.

Metalurgia 46(1994), nr. 7, *p. 5*

A.Semenescu et al: **Conventional automation of continuous baking ring kilns**

The paper puts forward four conventional automation schemes for continuous ring kilns for baking carbonic products, which, by complexity order, aim at gradually eliminating human operations in process control.

Metalurgia 46(1994), nr. 7, p. *12*

I. Chira et al: **Selective local boridation by surface alloying**

Boride layers similar to those made by conventional heat treatments have been successfully achieved. The test has been done on 200x300 mm steel plates with 35, 60 and 100 mm thicknesses.

The authors conclude that directional solidification may be achieved by using tablet-type outer cores made of active powders similar to outer chills.

Metalurgia 46(1994), nr. 7, p. *19*

I.Chira et al: **Structural changes by surface alloying with boron during casting with gaseous patterns**

For low carbon (0,18%) 35 and 110 mm thick ferritic-perlitic cast steel plates the authors give analytic process elements (interface temperature, thermal gradient, cooling time) which make possible local surface alloying to obtain boridated layers with properties similar to those achieved by thermochemical treatment in boride powder.

Metalurgia 46(1994), nr. 7, p. *23*

N.Mazilu et al: **A correlation between the single axis and the three axes cases for an isothrope body. A generalization of von Mises criterion**

Using the continuous measurable groups theory, is established a correlation between the single axis and the three axes cases for an isothrope body. In such a context the von Mises criterion can be generalized.

Metalurgia 46(1994), nr. 7, p. *27*

A.Semenescu et al: **Complex computer assisted control of continuous ring kilns used for baking carbonic materials**

The paper suggests a mathematical model and a computer control diagram for the baking process of furnace electrodes in continuous closed ring kilns.

Metalurgia 46(1994), nr. 7, *31*

P.Moldovan et al: Scrap smelting for secondary non-ferrous alloys making

Secondary non-ferrous alloys making has certain process features regarding the melting vessel and the melting operation proper; this information is useful for Al and Cu alloys.

Metalurgia 46(1994), nr. 7, *36*

C.Dumitru et al: **Energy cost reduction solutions for reheating furnaces by redesigning heat insulation.**

Metalurgia 46(1994), nr. 7, , p. *41*

V.Munteanu et al: **Investigation on replacing Ni by Nb in steel used for ship plates.**

Metalurgia 46(1994), nr. 7, *43*

ABSTRACTS

Metalurgia 46(1994), nr. 7

ORIENTARI ALE PRODUCTIEI SIDERURGICE ROMÂNESTI

Ing. Gheorghe Chitu - S. C. ICEM S. A. Bucuresti

C.Z.:669.14

In prezent în tara noastra se desfasoara un ampiu proces de reforme pentru trecerea la economia de piata.

S.C. ICEM S.A. se preocupa între altele si de elaborarea unor cercetari prospective privind industria siderurgica.

Prin studiile, analizele si cercetarile realizate, s-a încercat a se raspunde la unele întrebari deosebite, iar o parte din concluzii se prezinta în aceasta lucrare cu privire la:

- Restructurarea siderurgiei în alte tari
- Stadiul actual al siderurgiei din România
- Tendinte mondiale în domeniul siderurgiei
- Nivelul calitativ al produselor siderurgice românesti comparativ cu ceea ce se realizeaza pe plan mondial
- Orientarea cantitativa si sortimentala a productiei de laminate si tevi, având în vedere programul de restructurare a economiei României si posibilitatile de export în perspectiva
- Analiza diverselor studii de restructurare a siderurgiei din România

Modul cum au fost tratate aceste aspecte si cum s-a efectuat cercetarea în asamblu duce la concluzia ca trebuie sa se utilizeze eficient dotarile actuale,în vederea realizarii unor sortimente de laminate si tevi cu valoare mai mare, în conditiile cresterii gradului de utilizare a capacitatilor de productie din cadrul acestei ramuri importante a economiei.

RESTRUCTURAREA SIDERURGIEI LA NIVEL MONDIAL

Tarile industrializate si unele state în curs de dezvoltare au finalizat actiunea de restructurare a metalurgiei în partea a doua a deceniului '80 .

Guvernele multor state au acordat subventii nerambursabile pentru modernizarea industriei siderurgice, printre care: Anglia 14 mld $ (în perioada 1975-1986); Germania 18 mld $ (1980-1986) pentru compensarea unor diferente de preturi la carbuni cocsificabili: Belgia, Franta, Italia 20 mld $(1976-1982); alte tari ale CEE 18 mld $ (1984-1990); Argentina, Brazilia, Mexic, Venezuela câte 1 mld $/an fiecare tara s.a.

Concluzia care se desprinde si din astfel de exemple, este ca metalurgia reprezinta o industrie necesara în majoritatea tarilor iar guvernul României greseste fundamental procedând altfel.

Din cercetarea efectuata a rezultat ca în statele dezvoltate masurile întreprinse în perioada restructurarii au fost urmatoarele:

- *Marirea capacitatii unitare concomitent cu reducerea numarului de agregate de dimensiuni si productii mici prin care s-au realizat: productivitate si nivele ridicate de productie, consumuri specifice reduse, rentabilitate mare etc.*
- *Majoritatea ponderii uzinelor care realizeaza tevi si produse cu prelucrare avansata.*

Un astfel de concept trebuie adoptat si în strategia de restructurare a metalurgiei din România.

STADIUL ACTUAL AL SIDERURGIEI DIN ROMANIA

Industria siderurgica din tara noastra are capacitati de productie importante, dar sunt utilizate în proportie redusa, datorita recesiunii puternice în care se afla întreaga economie.

La principalele produse, capacitatile si gradul de utilizare în anul 1992 se prezinta astfel (tabelul 1):

Tabelul 1

Capacitati de productie si gradul de utilizare în anul 1992
Production capacities and their use factor for 1992

Denumirea produsului (sau activitatii)	Capacitatea de productie la 1. ian. 1993, mii t	Gradul de utilizare în anul 1992, %
Otel total	14 500	37,0
Turnare continua	4 800	48,6
Laminate finite pline	15 100	25,4
Tevi total	2 100	21,1
Produse cu prelucrare avansata (total)	3 100	27.0 (*)

(*) - Interval cuprins între 7 - 45%

Comparativ cu siderurgia din tarile industrializate, ponderile capacitatilor de productie existente în România la unele produse sunt înscrise în tabelul 2.

Tabelul 2

Ponderile unor capacitati de productie în siderurgia românească si la nivel mondial
The shares of certain works in the Romanian and world steel industries

Denumirea produsului (sau activitatii)	La ce se raporteaza	Ponderea, %	
		Tari industrializate	România
Turnare continua	otel	cca 90	33.1
Tevi total	laminate	15 - 18	13.9
Produse cu prelucrare avansata	laminate	cca 40	20.5

Conceptiile studiului prezent

In vederea cresterii competitivitatii industriei siderurgice în conditiile economiei de piata , s-au elaborat unele studii de restructurare de catre firma SOFRES - CONSEIL Franta si institutele nationale de profil din Romania.

Lucrarea de fata contine unele orientari care pot completa alernativele de restructurare anterioare.

Comparativ cu ultimele doua lucrari de strategie ale industriei siderurgice, în cercetarea prezenta s-a modificat conceptia asupra structurii productiei exportului, consumului, a gradului de utilizare a capacitatilor etc.

Principalele avantaje ale orientarilor elaborate în cadrul lucrarii actuale sunt:

» Cresterea gradului de utilizare a capacitatilor de productie la minimum 90%, comparativ cu 78-94% în studiile anterioare.

Se mentioneaza ca din cercetarile efectuate de unele firme din alte tari, o diminuare a gradului de utilizare a capacitatilor de la 90 la 80%, are ca efect o crestere a pretului de cost cu 2,2 - 3,4 %.

» Asigurarea unor cantitati mai mari de semifabricate pentru cresterea ponderii tevilor si a altor produse cu prelucrare avansata.

» Limitarea productiilor la unele sortimente cu valoare scazuta la export sau cu desfacere lenta.

» Diminuarea în exportul total a participatiei unor laminate care se vând cu pret redus si majorarea ponderii unor sortimente cu valoare mare.

Factorii preponderenti la elaborarea orientarilor prezente

Pentru elaborarea orientarilor referitoare la restructurarea siderurgiei din România, în cercetarea actuala au fost analizati multi factori de influenta, din care s-au luat în considerare cei mai determinanti.si anume:

» Dotarile actuale, care sa fie mai bine utilizate printr-un management îmbunatatit, cu ajutorul carora sa se realizeze produse care sa îndeplineasca cerintele impuse de standardele EN, ISO, API etc.

» Evolutiile produselor si activitatilor consumatoare de produse siderurgice, prevazute în programele sectoriale de restructurare si în strategia de guvernare.

» Posibilitatile de desfacere la export.

» Unele studii de piata elaborate pe grupe de produse.

» Estimarea aportului unor lucrari de modernizare si retehnologizare.

» Tendintele mondiale în domeniul productiei si consumului de metal.

» Conjunctura internationala si unele studii ale Bancii Mondiale.

» Cresterea valorii produselor finite si a ponderii sortimentelor cu grad ridicat de prelucrare pentru sporirea rentabilitatii.

» Valorificarea cât mai buna a importului de materii prime si resurse energetice.

In baza acestor factori si a altor cercetari efectuate pentru lucrarea prezenta, au rezultat unele alternative de evolutie ale productiei de otel, care s-au etapizat astfel:

» 1994 - 1996, perioada în care s-a calculat ca necesara si posibil de realizat o productie de cca 6,5 mil. t otel /an

» 1997 - 2000, interval când pietele interna si externa pot absorbi produse finite în echivalent de 8,7 mil. t otel/an daca vor fi competitive.

» 2001 - 2005 (alternativa maxima), etapa în care prognoza elaborata a dus la o productie de cca 10 mil. t otel/an.

Se mentioneaza ca la formularea propunerilor cu privire la ponderea procedeelor de elaborare si a altor indicatori s-au avut în vedere si alte argumentari:

» Avantajele si dezavantajele procedeelor de elaborare

» Metoda de turnare a otelului

» Resursele de materii prime

» Consumul energetic integrat

» Ponderea otelului aliat

» Nivelul de rentabilitate

In urma analizelor efectuate pâna în prezent în România, structura productiei de otel în perspectiva va evolua dupa cifrele orientative înscrise în tabelul 3, în care au fost incluse si nivelele altor indicatori importanti.

In ceea ce priveste turnarea continua, solutia optima ar fi ca investitiile în acest sector sa constituie prioritatea numarul unu si în urmatorii 2-3 ani si sa ajunga la o pondere de min. 70% otel turnat prin acest procedeu, pentru ca în jurul anului 2000 sa se depaseasca 92%.

Tabelul 3

Prognoza structurii productiei de otel în România pentru perioada 1994 - 2005
Romanian steel output structure prognosis for 1994/2005

Denumirea indicatorului	U.M.	Perioada		
		1994 - 1996	1997 - 2000	2001 - 2005
Total otel	mii t	6 500	8 700	cca 10 000
din care pe S. C.				
- SIDEX Galati	mii t	3 500	5 000	5 000
- SIDERURGICA Hunedoara	mii t	1 400	1 300	1 200
- SIDERCA Calarasi	mii t	200	400	1 800
- COS Târgoviste	mii t	500	700	700
- CS Resita	mii t	300	500	500
- SIDERMET O. Rosu	mii t	300	400	400
- I. S. Câmpia Turzii	mii t	300	400	400
Ponderea pe procedee de elaborare	%	100	100	100
- Convertizor min.	%	55	55	55
- Cuptor electric cca	%	30	33	35
- Alte procedee max.	%	15	12	10
Otel aliat		12	15	20
din care:				
- inox	%	1	1	1
Scoaterea (*)	%	81	84	87 - 92

(*) Calculatie conform diagramei stabilite în cadrul S. C. ICEM S. A. Bucuresti si prezentata în anexa

Orientari privind structura productiei de laminate finite pline

Principalele capacitati de productie în functiune la începutul anului 1993 pentru laminate finite pline, din care o mica parte au fost introduse în conservare (cca 10%), permit o elasticitate si o flexibilitate mare, ceea ce impune o crestere a preocuparilor pentru marketing si management adaptate economiei de piata.

In tabelul 4 se prezinta evolutia productiei de laminate finite pline, pe structura, în perioada 1989-2005 (realizarile pentru anii 1989 si 1992 si estimarile pentru etapa 1994-2005).

In cadrul acestor orientari, ponderile celor 2 subgrupe principale oscileaza astfel: produse lungi (exclusiv tagle tevi) 46,5 - 48,6 % si laminate plate 51,4 si 53,5 % ceea ce plaseaza România la media intervalului mondial, care este cuprins între 14-73%, respectiv 23-86%.

Orientari ale structurii productiei de tevi în perspectiva

Produsele tubulare au valoare de aproape doua ori mai mare fata de laminatele finite pline, pretul de vânzare la export fiind de cca 560 $/t, comparativ cu 300 $/t (realizari din anul 1992).

In urma cercetarilor efectuate în cadrul studiului actual, rezulta ca productia totala de tevi se poate situa, în etapa finala - dupa restructurare (2001-2005), la un nivel de aproximativ 1,5 mil.t.

Pentru a avea o rentabilitate mare, se recomanda ca indicele (gradul) de utilizare a laminoarelor si a celorlalte instalatii care concura la fabricatia tevilor sa se situeze în jurul valorii de 0,9.

In acesta situatie capacitatea totala de produse tubulare se estimeaza la 1,6 - 1,7 mil.t din care: cca 0,9 mil.t laminate si 0,7 - 0,8 mil.t sudate, proportia între cele 2 grupe fiind de 55 - 45 %.

La nivel mondial structura productiei oscileaza într-un ecart larg si anume: 25-67% tevi laminate si 33-75% sudate.

Evolutia productiei de tevi pe structura, în perspectiva, este înscrisa în tabelul 5.

Orientarile elaborate în prezenta lucrare vor situa tevile la o pondere de 15,1 - 17,2%, comparativ

Tabelul 4

Orientari ale structurii de laminate finite pline pentru perioada 1994 - 2005
Directions of the compact finished rolled products structure for 1994 - 2005

Denumirea produsului	Realizari		Etapa		
	1989	1992	1994 - 1996	1997 - 2000	2001 - 2005
Laminate finite pline total:	10 263	3841	5 300	7300	8 700
din care					
Produse lungi	5 257	1911	2895	3853	4 672
din acestea:					
profile grele	675	205	210	280	420
Sina c. f.	25	9	20	100	200
Profile mijl. si usoare	1580	572	830	1200	1400
Otel beton	1477	639	700	800	900
Sârma laminata	708	231	500	600	800
Sina îngusta c. f.	16	0.5	5	8	10
Bare otel de scule (carbon, aliat, rapid)	14.7	2.2	10	15	22
Produse plate	5 006	1930	2405	3450	4030
din care:					
Tabla mijl. si groasa	4296	1604	2105	3050	3530
Tabla subtire	710	326	300	400	500
Tagle tevi	735	249	620	850	920

Tabelul 5

Orientari ale structurii productiei de tevi în perioada 1994 - 2005
Tube production structure sections for 1994 - 2005

Denumirea produsului	Realizari		Etapa		
	1989	1992	(1994 - 1996)	(1997 - 2000)	(2001 - 2 005)
Total produse tubulare	1360	447	800	1200	1500
- din care:					
Laminate	806	257	500	700	850
- din acestea					
Tevi constructii	473	128	230	300	360
Conducte ϕ < 14 3/4"	115	60	90	130	160
Conducte ϕ > 400 mm	2.1	0.6	3	5	15
Burlane de tubaj	193	45.3	130	200	230
Prajini de foraj	2.6	2	7	10	15
Tevi extractie	21	21	40	55	70
Sudate	554	190	300	500	650
- din care					
Tevi constructii	143	53	100	160	210
Tevi inst. nezincate	141	44	60	80	100
Tevi inst. zincate	29	18	40	80	110
Conducte ϕ < 14 3/4"	87	14	50	110	130
Conducte ϕ > 400 mm	154	61	50	70	100

Tabelul 6

Prognoza cadru pentru produse cu grad avansat de prelucrare în perioada 1994 - 2005
Frame forecast for highly processed products for 1994 - 2005

Denumirea produsului	Etapa		
	(1994 - 1996)	(1997 - 2000)	(2001 -2005)
Productia	2000	2400	3000
Destinatia			
- Export	460	500	700
- Piata interna	1540	1900	2300

cu 13,2 % în anul 1989 si 11,6 % în 1992 (recordul în perioada anterioara a fost de 15,6 % în anul 1990).

In productia totala de tevi, produsele sudate au reprezentat 40,7% în anul 1989 si 42,5% în anul 1992.

Dotarile actuale permit cresterea ponderii tevilor în realizarile siderurgiei noastre, dar trebuie acordata mare atentie calitatii produselor, pentru a recâstiga unele piete de desfacere si a face export în multe tari.

Produse cu grad ridicat de prelucrare

In România produsele cu prelucrare avansata se realizeaza în 15 societati comerciale de la SIDEROM si ROMTUB.

Prin modernizarea si retehnologizarea industriei siderurgice în alte tari, s-a urmarit, în primul rând, diversificarea si cresterea ponderii sortimentelor cu valoare în totalul produselor.

In studiul actual se prezinta o prognoza cadru, urmând ca orientarile definitive pe structura la produsele cu prelucrare avansata sa se elaboreze în cursul anului 1994 într-o lucrare speciala.

Parametrii stabiliti în etapa actuala sunt înscrisi în tabelul 6 pentru cele 3 alternative orientative ale productiei de otel.

Se mentioneaza ca produsele cu prelucrare avansata, în perspectiva pot ajunge la o pondere de cca 30 % din productia de laminate finite pline, fata de 20 - 22 % în etapa 1989-1992.

EVOLUTIA EXPORTULUI DE PRODUSE SIDERURGICE ROMANESTI

Din cantitatea totala de produse siderurgice realizate în tara noastra, în perioada 1989 - 1992 s-au exportat 31,2 - 43,6 % iar dupa anul 2001 livrarile pe pietele externe sunt preliminate a reprezenta aproximativ 36%.

Se mentioneaza ca în anul 1989 laminatele au avut o pondere de 81%, în exportul total, iar în anul 1992 s-a

majorat la 86,8%, cu toate ca pretul de vânzare a scazut de la 343 $/t la 267 $/t.

La tevi, în schimb, ponderea în exportul total s-a diminuat de la 12,2% în anul 1989, la 7,4% în 1992, iar la produsele cu gradul avansat de prelucrare de la 6,8% la 2,2 %.

Pretul mediu la export al produselor tubulare în sem.I 1993 a fost de 571 $/t, iar la cele cu prelucrare avansata de 470 $/t.

Din studiile efectuate de specialisti în domeniul comertului exterior de la Metalexportimport, DIM si ROMTUB, se estimeaza ca România poate exporta pe pietele internationale 2,2-3,5 mil.t metal finit, daca produsele vor avea calitatea conform normelor europene si internationale, iar pretul se va încadra în conjunctura mondiala.

Pe zone geografice exportul de produse siderurgice preliminat dupa anul 2000, poate avea urmatoarea pondere medie:

- CEE = 10%
- Alte tari vest - europene = 13%
- Tari est - europene = 17%
- Orientul Mijlociu = 22%
- Orientul Indepartat = 24%
- America de Nord = 5%
- America de Sud = 5%
- Africa = 4%

In ceea ce priveste exportul pe grupe de produse, se prognozeaza participarea acestora la urmatoarele nivele: laminate finite pline = cca 56%; tevi = cca 19%; produse cu prelucrare avansata = cca 25%.

CONSUMUL DE PRODUSE FINITE IN RAMURILE ECONOMIEI

Pentru determinarea necesarului de produse siderurgice destinate pietei interne, s-au avut în vedere urmatorii factori:

- **E**volutia unor produse si activitati consumatoare de metal, care sunt prevazute în programele sectoriale de restructurare, parte integranta a strategiei de guvernare.
- **P**reliminari ale Bancii Mondiale asupra unor indicatori macroeconomici ai Romaniei.
- **C**onsumuri specifice realizate la fabricarea unor produse cu grad avansat de prelucrare.

Din analizele efectuate a rezultat ca in perspectiva se modifica fizionomia economiei Romaniei si a productiei in unele ramuri economice, majorându-se într-un ritm mai mare activitatea sectoarelor producatoare de bunuri de larg consum, servicii, transporturi, agricultura etc.

De asemenea, s-a avut în vedere o crestere a ponderii productiei de tevi si produse cu prelucrare avansata, ceea ce are ca urmare un consum sporit de semifabricate si laminate pline.

Ca urmare, comparativ cu anul 1992, se va majora sau micsora ponderea unor sortimente în consumul de metal dupa cum urmeaza (tabelul 7):

Tabelul 7

Ponderea grupelor de produse finite în consumul intern
The share of finished products range for home market consumption

Grupa de produse	Realizat 1992	Prognoza 2001 - 2005
Total produse siderurgice	100	100
din care:		
Laminate finite pline	50,1	51,8
din acestea:		
Produse lungi	32,8	31,1
Produse plate	17,3	20,7
Tevi total	13,2	13,9
din care:		
Laminate	7,8	7,8
Sudate	5,4	6,1
Alte produse finite (cu prelucrare avansata)	30,7	34,3

Necesarul de produse siderurgice finite pe ramuri economice se prezinta în tabelul 8.

Tabelul 8

Prognoza consumului de produse siderurgice finite pe ramuri economice în perioada 1992 - 2005
Consumption forecast for finished iron and steel products in certain economy branches for 1992 - 2005

Ramura consumatoare	Realizat 1992	Estimat 2001 - 2005
Total consum de produse finite	2000	5000
din care:		
DICM	603	2000
DIEEMF	115	400
DIM (exclusiv prelucrarile metalurgice)	157	280
RENEL	76	130
D. MINE	64	140
PETROL SI GEOLOGIE	100	200
CHIMIE	38	100
TRANSPORTURI SI TELECOMUNICATII	83	250
LUCRARI PUBLICE	88	250
AGRICULTURA SI INDUSTRIE ALIMENTARA	62	180
INDUSTRIA LEMNULUI	13	50
MATERIALE CONSTRUCTII	51	120
INDUSTRIA USOARA	10	20
UCECOM	12	40
CENTROCOOP	6	20
SECTOR SPECIAL	26	100
COMAT	364	170
ALTI CONSUMATORI	132	300

TENDINTE MONDIALE ÎN DOMENIUL SIDERURGIEI

La elaborarea orientarilor asupra productiei s-au avut în vedere tendintele mondiale în domeniul

elaborarii, turnarii si prelucrarii otelului prin deformare plastica dar si consumului si exportului.

Principalele prevederi retinute în urma cercetarilor efectuate in acest scop se vor prezenta foarte succint, în ordinea fluxului tehnologic.

Elaborarea si turnarea otelului

» Convertizoarelor si cuptoarelor electrice, în care se elaboreaza aproximativ 85% din productia mondiala de otel, li s-au adus foarte multe perfectionari constructive si tehnologoice, dintre care:

¤ *La convertizoare:*

◆ *Pretratarea fontei înainte de utilizare la elaborare.*

◆ *Extinderea metodei de suflare combinata pe jos.*

◆ *Asimilarea tehnologiei de postcombustie.*

◆ *Optimizarea regimurilor de insuflare.*

◆ *Evitarea scurgerii zgurii în oala la evacuarea sarjei.*

¤ *La cuptorul electric:*

◆ *Extinderea utilizarii panourilor racite la bolta si pereti.*

◆ *Racirea electrozilor.*

◆ *Preîncalzirea fierului vechi.*

◆ *Utilizarea arzatoarelor oxicombustibil.*

◆ *Automatizarea procesului tehnologic.*

◆ *Cresterea participatiei cuptorului electric de curent continuu, în total, otel elaborat.*

◆ *Extinderea tratamentului otelului lichid în oala de turnare (metalurgie secundara), în mod deosebit în instalatii LF (oala cuptor).*

Majoritatea ponderii otelului turnat continuu, care la nivel mondial a ajuns la aproximativ 65% (România a realizat în anul 1992 aproximativ 45 si 50% în sem.I 1993).

Laminarea otelului

◆ *Cresterea preocuparilor pentru realizarea profilelor economice cu talpi paralele, cu raport mare între modulul de elasticitate si greutate.*

◆ *Realizarea de caracteristici fizico-mecanice ridicate prin laminarea controlata.*

◆ *Cresterea ponderii unor sortimente pentru ramuri de vârf si cu valoare mare.*

Exemple de perfectionari realizate la unele produse:

¤ *Sârma:*

◆ *Cresterea vitezei de laminare la 120-140 m/sec.*

◆ *Reducerea numarului de fire de la 4 la 2.*

◆ *Racirea controlata a sârmei în colaci mari.*

◆ *Producerea de sârma cu rezistenta ridicata, suprafata fara defecte etc.*

◆ *Garantarea stratului decarburat.*

¤ *Sina c.f. (grea)*

◆ *Utilizarea blumurilor turnate continuu.*

◆ *Realizarea sinelor cu greutate mare m.l (tip 55, 60 etc.) si lungime pâna la 100 m.*

◆ *Cresterea duritatii la ciuperca sinei prin tratament termic.*

¤ *Profile:*

◆ *Utilizarea de încarcatura calda direct de la turnarea continua (cca 65%).*

◆ *Modificarea blocului finisor pentru realizarea de tolerante restrânse.*

¤ *Tabla mijlocie si groasa:*

◆ *Cresterea ponderii otelului aliat, inox, silicios la aproximativ 7 + 4 + 2,5%.*

◆ *Majorarea productiei la sortimentele din otel sudabil (12%) si de înalta rezistenta (2%).*

◆ *Obtinerea benzilor prin turnare continua.*

◆ *Tabla si banda mijlocie si groasa cu latime sub 1600 mm are o pondere de cca 93%.*

¤ *Tevi*

◆ *Fabricarea tevilor din tagle turnate continuu, semifabricate care sunt mai ieftine cu cca 30%, comparativ cu cele realizate prin laminare din lingou.*

◆ *Otelul pentru tevi are un continut foarte scazut de elemente reziduale.*

◆ *Extinderea încalzirii semifabricatelor prin inductie.*

◆ *Sudarea tevilor prin procedee ultra moderne (fascicul de electroni, plasma, curent continuu).*

NIVELUL CALITATIV AL PRODUSELOR SIDERURGICE ROMÂNESTI

In ultimii ani statele dezvoltate sunt preocupate de cresterea operativitatii în desfacerea unor produse din otel., în care scop ISO (Institutul International de Standardizare pentru Fier si Otel) si ECISS (Comitetul European de Standardizare pentru Fonta si Otel) au elaborat unele norme comune, cu efecte asupra liberalizarii circulatiei si concurentei în economia de piata.

Competitivitatea produselor siderurgice depinde de modul în care sunt îndeplinite conditiile de fabricatie înscrise în normele respective si de pretul de vânzare.

Pentru ca metalurgia româneasca sa extinda gama produselor finite din otel si sa majoreze exportul cantitativ, este necesara intensificarea

preocuparilor pentru alinierea fabricatiei la normele internationale.

Programul de restructurare a metalurgiei va trebui sa prevada ca în actiunea de modernizare si retehnologizare sa se asigure conditii ca produsele finite sa îndeplineasca cel putin prevederile EN sau ISO iar fabricatia sa se desfasoare cu mare certitudine.

Produsele siderurgice actuale se încadreaza într-o proportie diferita în prevederile EN, ISO, API.

Astfel, sârma laminata si otelul beton corespunde dimensional acestor prescriptii.

Profilele pentru tolerante normale corespund. In cazul în care se impune respectarea ecartului de tolerante fine, acestea nu pot fi asigurate decât prin selectie si se pot încadra în proportie de aproximativ 75%, cu conditia sa fie realizate pe laminoare construite în ultimii 20 ani.

In tolerantele extrafine se pot încadra aproximativ 25% din profile. Pentru a creste ponderea profilelor corespunzatoare normelor internationale sunt necesare unele masuri de modernizare, dintre care: asigurarea de cilindri finisori foarte duri, introducerea unor sisteme moderne de strângere a cilindrilor etc.

In ceea ce priveste rectilinitatea, aceasta se poate realiza numai la laminoarele intrate în functiune dupa anul 1965.

Pentru calitatea suprafetei trebuie extins CUS, ajustajele etc.

Tevile se încadreaza în normele internationale între 30-60%.

Prezentarea sumara a nivelului calitativ al unor produse finite realizate de siderurgia româneasca ilustreaza ca sunt sortimente care nu îndeplinesc cerintele normelor internationale, ceea ce presupune o reconsiderare a întregului stil de lucru în cadrul uzinelor metalurgice, iar calitatea sa devina obiectivul prioritar al activitatii productive.

CONCLUZII

Procesul de modernizare - retehnologizare a siderurgiei din România trebuie urgentat, si în primul rând obtinuta aprobarea Guvernului pentru strategia de restructurare a acestei industrii, deoarece sunt probleme de fond care necesita rezolvarea neîntârziata, dintre care:

» Marirea gradului de utilizare a capacitatilor de productie.

» Realizarea unor agregate de mare productivitate.

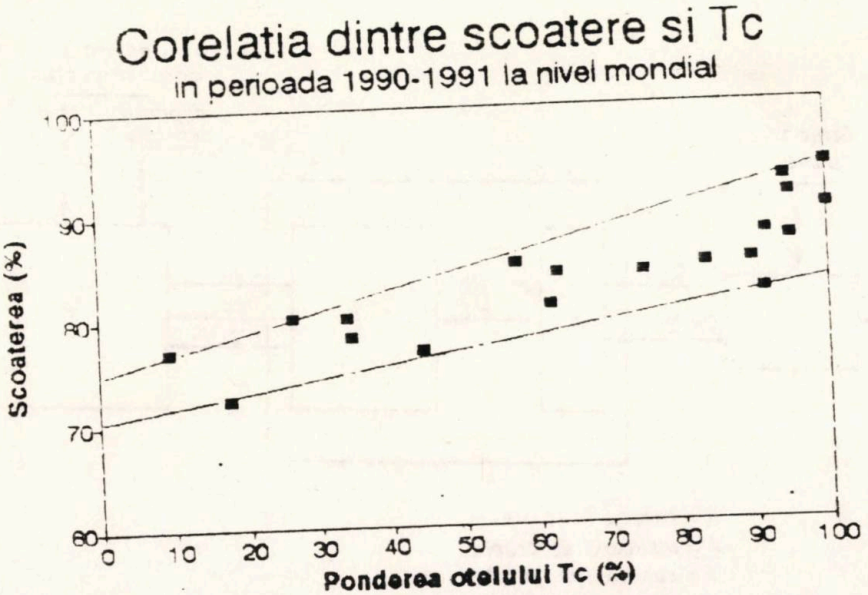
» Intensificarea proceselor tehnologice.

» Orientarea productiei spre sortimente cu valoare mare.

» Imbunatatirea calitatii productiei.

» Reducerea consumurilor specifice.

Propunerile formulate în cadrul cercetarii prezente pot constitui unele sugestii pentru elaborarea într-o forma mai completa a strategiei de restructurare a industriei siderurgice din România.



AUTOMATIZAREA CONVENTIONALA A CUPTOARELOR CONTINUI DE COACERE INELARE

**Ing. Augustin Semenescu, sef lucrari, dr. ing. Iulian Oprescu, profesor,
dr. ing. Ioan Vârcolacu, profesor, dr.ing. Cezar Balescu, conferentiar, ing. Vasile Mirea, sef lucrari
Universitatea "Politehnica" Bucuresti**

C.Z.: 621.783.2

Conducerea manuala a cuptoarelor de coacere duce la realizarea unui numar mare de rebuturi datorita numarului mare de parametri ce trebuie corelati.

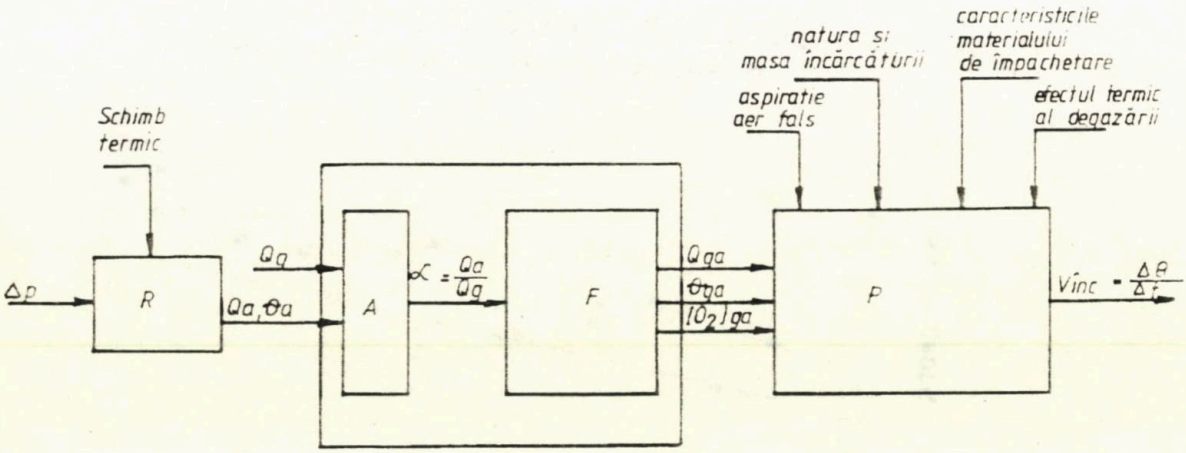
Accentul predominant pus pe calitate si economicitate impune conducerea automata a acestor tipuri de cuptoare în vederea utilizarii eficiente a combustibilului si a cresterii calitatii produselor coapte, având în vedere faptul ca pe lânga obtinerea electrozilor siderurgici aceste cuptoare sunt utilizate si pentru obtinerea blocurilor din grafit ale scuturilor de protectie din cadrul centralelor nucleare.

Elemente generale privind comportarea statica si dinamica a cuptoarelor continui inelare de coacere

Cuptorul de coacere, ca instalatie supusa automatizarii este conceput conform schemei functionale din figura 1. Marimile de executie principale sunt debitul de gaz Q_g si depresiunea Δ_p, aceasta din urma determinând debitul de aer aspirat Q_a; în camera de racire R perturbatia principala o constituie schimbul termic între aerul rece aspirat, pe de o parte, si zidaria cuptorului si încarcaturii, pe de alta parte, perturbatie care conditioneaza temperatura aerului aspirat Q_a.

Arderea combustibilului se efectueaza deci cu un exces de aer, exprimat prin raportul $\alpha = Q_a/Q_g$. La iesirea din camera sub foc F rezulta un flux de gaze de ardere caracterizat prin debitul Q_{ga}, temperatura θ_{ga} si un continut de $[O_2]_{ga}$; aceste marimi de iesire din camera F servesc drept marimi de executie pentru camera în preîncalzire P.

Marimea de iesire a camerei P este viteza de încalzire (masurata la bolta) $v_{inc} = \Delta\theta/\Delta t$. In aceasta camera actioneaza ca marimi de perturbatie principale : debitul de aer fals aspirat (care creste cu cât camera este mai în aval); natura si masa încarcaturii; caracteristicile materialului de împachetare, care determina capacitatea absorbanta a acestuia iar



R = camera în răcire
A = instalatie de ardere
F = camera sub foc (la palier)
P = camera în preîncălzire

Fig. 1
Schema functionala a cuptorului de coacere continuu inelar
Operation diagram of a continuous baking ring kiln

pentru camerele de gazare, efectul termic al arderii volatilelor.

Camerele cuptoarelor se comporta practic ca elemente liniare pe domeniul de exploatare în ceea ce priveste principalele doua dependente care intereseaza practic variatia temperaturii in camera la palier (F) cu debitul de gaz si variatia vitezei de incalzire in camere de degazare cu depresiunea.

In ceea ce priveste comportarea dinamica, camerele cuptorului se comporta ca elemente de ordin superior cu schema functionala din figura 2, a, si functia de transfer de tipul:

$$Hc(s) = \frac{K_c}{(1 + T_1 \cdot s)} \qquad (1)$$

unde: K_c este factorul de amplificare al cuptorului;
T_1 - constanta de timp
si raspuns aperiodic supraamortizat (fig.2, b), caruia îi corespunde locul de transfer de forma din figura 2, c.

Camerele - elemente de ordin superior - pot fi suficient de bine aproximate printr-un element cu timp mort inseriat cu element de ordinul întâi (fig.3, a), cu functia de transfer:

$$H_c(s) = \frac{K_c \cdot e^{-s \cdot T_{mc}}}{1 + T_c \cdot s} \qquad (2)$$

unde: $k_c = k_m \cdot k_1$ - este factorul de amplificare al cuptorului;
T_{mc} - timpul mort al cuptorului;
T_c - constanta de timp a cuptorului,
fiind deci caracterizate prin timpul mort T_{mc}, constanta de timp T_c si factorul de amplificare k_c (fig.3, b).

Caracteristicele dinamice si statice, care intereseaza practic, ca urmare a variatiei debitului de gaz (la depresiunea constanta) sunt acele de la variatia temperaturii sau a depresiunii (la debit de gaz constant) (y - temperatura; m - debitul de gaz sau depresiunea).

y - mărimea reglată
m - mărime de execuție
p - mărime de perturbație

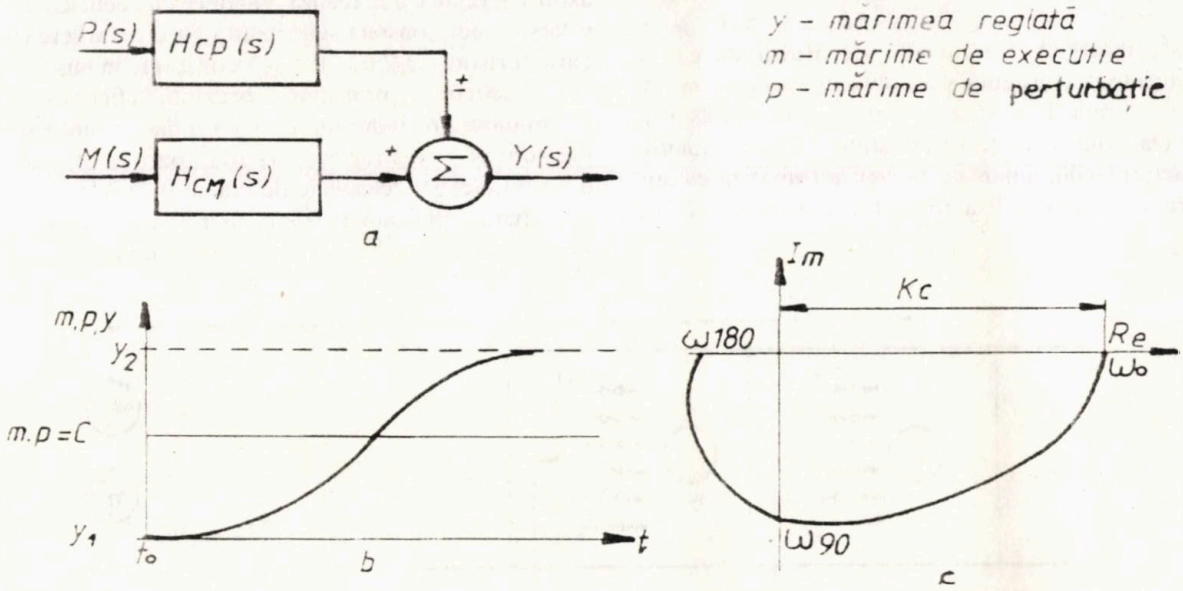


Fig 2

Fig. 2
Cuptorul de coacere , privit ca element de ardere superior (a) raspunsul cuptorului (b) si locul de transfer (c)
The baking kiln, considered as a superior burning element (a), the kiln's answer (b) and the transfer point (c)

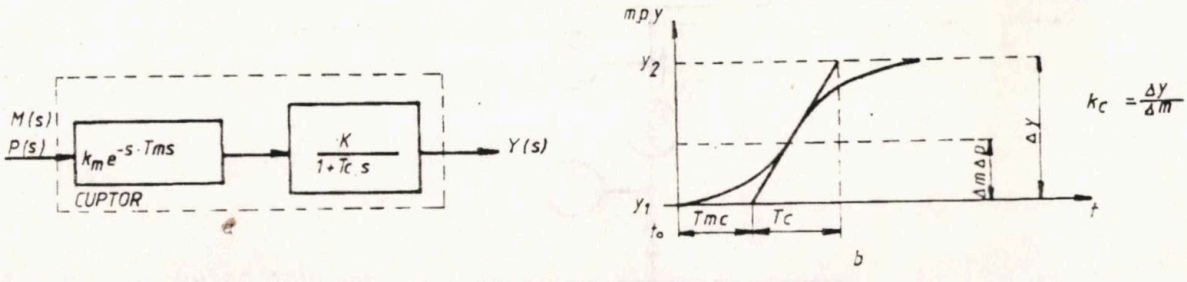


Figura 3

Fig. 3
Cuptorul de coacere ,aproximat printr-un element cu timp mort înseriat cu un element de ordinul întâi (a) si caracteristicile dinamice si statice ale acestuia (b)
The baking kiln, considered as an idle element in series with a 1-st order element (a) and its dynamic and static features (b)

La camerele sub foc, ordinul de marime al caracteristicilor dinamice este: T_{mc} = 1....2 min.; T_c = =4....6 min; T_{mc}/T_c = 0,3....0,4.

La camerele cu preîncalzire P, valorile acestor caracteristici sunt în functie de pozitia camerei si anume cu cât camera este mai în aval, deci si departe de camera (camerele) sub foc F, inertia ei este mai mare (T_{mc}, T_c sunt mai mari), iar efectul variatiei debitului de combustibil este mai redus (k_c mai mic).

De asemenea, la toate camerele, valorile caracteristicilor sunt functie de valoarea depresiunii, mai exact sunt în functie de corelatia debit de gaz - depresiune, care determina coeficientul de exces de aer, deci modul de decurgere a arderii combustibilului.

Astfel, la prima camera (dupa cele sub foc), la debit de gaz constant, la variatia depresiunii în intervalul - 4,5...- 5,5 mm H_2O, s-au obtinut valorile $T_{mc} \approx$ 10....15 min; $Tc \approx$ 10....20 min; $k_c \approx 38^0$C/mmH_2O, iar la variatia depresiunii in intervalul - 3....- 4 mm H_2O: $T_{mc} \approx$ 10....15 min; $T_c \approx$ 15....20 min; $k_c \approx$ $\approx 28^0$C/mmH_2O. La variatia debitului de gaz la depresiunea constanta s-au obtinut valorile: $T_{mc} \approx$ $\approx$10....15 min; $T_c \approx$ 15....20 min; $k_c = 12^0$C/10Nm^3/h.

Date fiind caracteristicile statice liniare si valorile caracteristicilor dinamice, pentru automatizarea cuptoarelor se pot utiliza regulatoare continui liniare PID.

Varianta I de automatizare conventionala

In acesta varianta cuptorul se conduce manual, debitul total de gaz în functie de depresiune din diagrama $Q_{gt} = f(\Delta_p)$ si valoarea depresiunii în functie de viteza de încalzire în camera de degazare, din diagrama $\Delta_p = f(v_{înc})$. Operatorul regleaza de fapt, manual, în cascada, viteza de încalzire în camera de degazare prin varierea depresiunii si apoi debitul de combustibil în functie de valoarea acestuia.

Pentru o conducere corecta si operativa este necesara reglarea manuala, rapida si prompta a debitului de combustibil. Deoarece sunt necesare doua camere sub foc (palier F + preincalzire P1) pentru a se asigura distributia precisa a temperaturii de-a lungul zonei active a cuptorului, suma debitelor de gaz Q_{g1} si Q_{g2}, alimentate în arzatoarele acestor camere, trebuie mentinuta constanta, în functie de valoarea depresiunii Δ_p (deci a debitului de aer aspirat), pentru a se realiza o ardere cu coeficient de exces de aer constant si a rezulta gaze de ardere cu caracteristici (Q_{ga}, θ_{ga}, $[O_2]_{ga}$) constante impuse.

O schema de principiu se prezinta în figura 4 (1, 2 - manometre indicatoare; 3 - regulator direct de presiune; 4, 7 - diafragme; 5,8 - adaptoare de presiune diferentiale; 6,9 - elemente de calcul (radical); 10 - aparate indicatoare si înregistratoare de debit; 11- contoare de debite; 12, 13 - termocupluri;

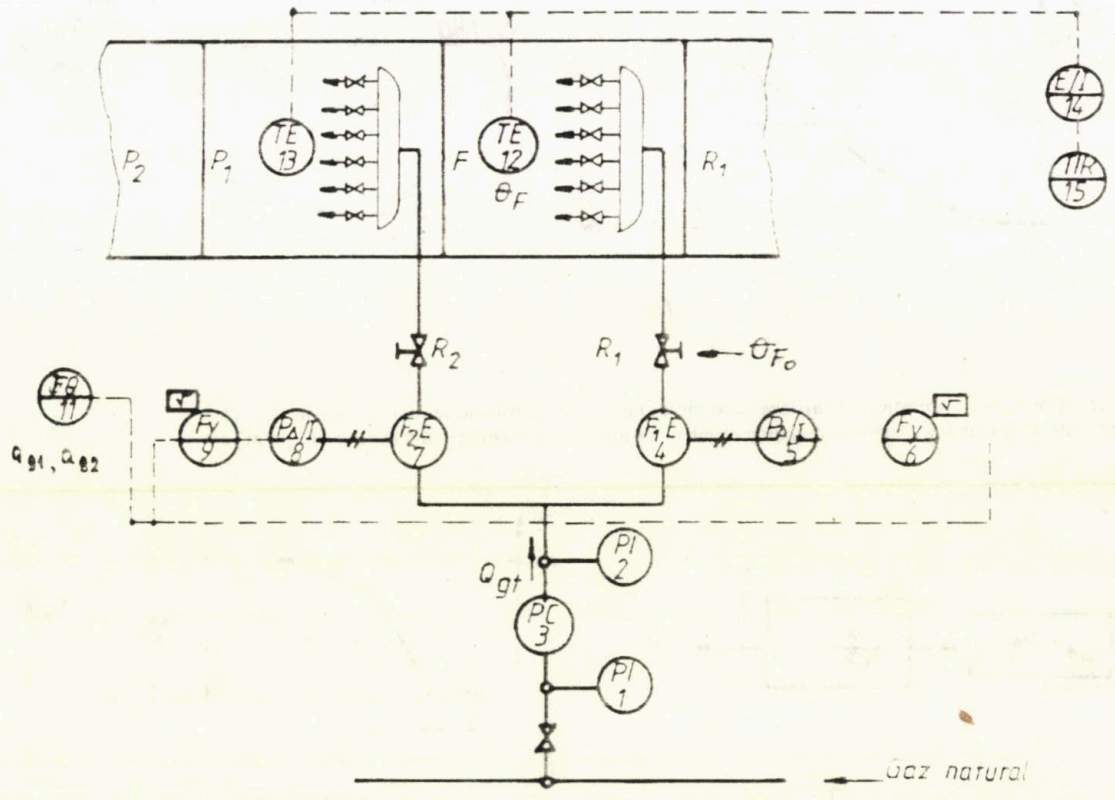


Fig. 4

Schema tehnologica de automatizare. Varianta I
Automation process diagram, alternative I

14 - adaptoare de termocupluri; 15- aparate indicatoare si inregistratoare de temperatura).

Este necesar in primul rând ca arzatoarele sa fie alimentate bilateral pentru o distributie uniforma a focului pe latimea camerelor; ele sunt deschise la maximum, fiind practic alimentate cu acelasi debit de gaz, nefiind necesare debitmetre la fiecare arzator.

Cele doua debite Q_{g1} (in camera F) si Q_{g2} (in camera P_1) se masoara cu debitmetre cu cadere variabila de presiune si se regleaza manual cu robinetele R_1, respectiv R_2. Debitul Q_{g1} este marime de executie pentru mentinerea constanta a temperaturii $\theta_F = \theta_{Fo}$ (valoarea de referinta). La depresiunea Δ_p constanta din diagrama $Q_{gt} = f(\Delta_p)$ se citeste Q_{gt} si la orice variatie Q_{g1} prin diferenta rezulta valoarea necesara Q_{g2}. La varierea depresiunii Δ_p rezulta noua valoare Q_{gt}; se asteapta efectul asupra temperaturii θ_F din camera F, se variaza corespunzator Q_{g1} si prin diferenta rezulta noua valoare necesara Q_{g2}.

Este recomandabila introducerea de elemente de semnalizare a depasirii unei anumite valori a temperaturii in camera F de la valoarea de referinta (de ex. $\Delta\theta = \theta_{Fo} - \theta_F = \pm 10^0$ C) si a scaderii presiunii gazului alimentata la retea. Aceste elemente pot determina o actiune mai prompta a operatorului in conducerea procesului.

Varianta a II a de automatizare conventionala

In aceasta varianta, reglarea manuala a debitelor de gaz din varianta I se realizeaza automat conform schemei de principiu din figura 5 (1... 15 aceleasi din fig. 4; 16 - adaptor pentru termocuplurile 12; 17 - aparat indicator si inregistrator pentru θ_F; 18 - regulator PID de temperatura; 19, 23 - convertoare electropneumatice; 20, 24 - motoare pneumatice cu membrana; 21 - element de calcul (sumator); 22 - regulator PI de debit; 25, 26 - termocupluri).

Temperatura θ_F se mentine constanta automat la valoarea de referinta θ_{Fo} în camera cu palier F, cu bucla de reglare (12,16 ... 20), care variaza debitul de gaz Q_{g1}. Cele doua debite Q_{g1} si Q_{g2} se masoara cu debitmetre cu cadere variabila de presiune si se insumeaza în sumatorul 21, suma lor, Q_{gt} fiind reglata cu bucla de reglare (7 ... 11: 21 ... 24) care modifica valoarea debitului Q_{g2} cu robinetul R_2. Marimea de referinta Q_{gto} a acestei bucle este introdusa manual de operator în functie de valoarea depresiunii dupa diagrama $Q_{gt} = f(\Delta_p)$.

In acest fel se realizeaza practic acelasi fel de reglare ca si în varianta I însa automat, deci cu mai multa promptitudine si cu precizie mai buna.

Schemele de masurare, de indicare si inregistrare a temperaturilor în camerele cuptorului (12, 13, 14, 15, 25, 26) se mentin în forma actuala. De asemenea, se mentin si elementele (1...3) de masurare si reglare a presiunii gazului alimentat de la retea (cu semnalizarea caderii acesteia sub valorile care asigura debitul de gaz necesar).

Varianta a III a de automatizare conventionala

Aceasta varianta are drept scop înlaturarea interventiei subiective a operatorului în stabilirea valorii

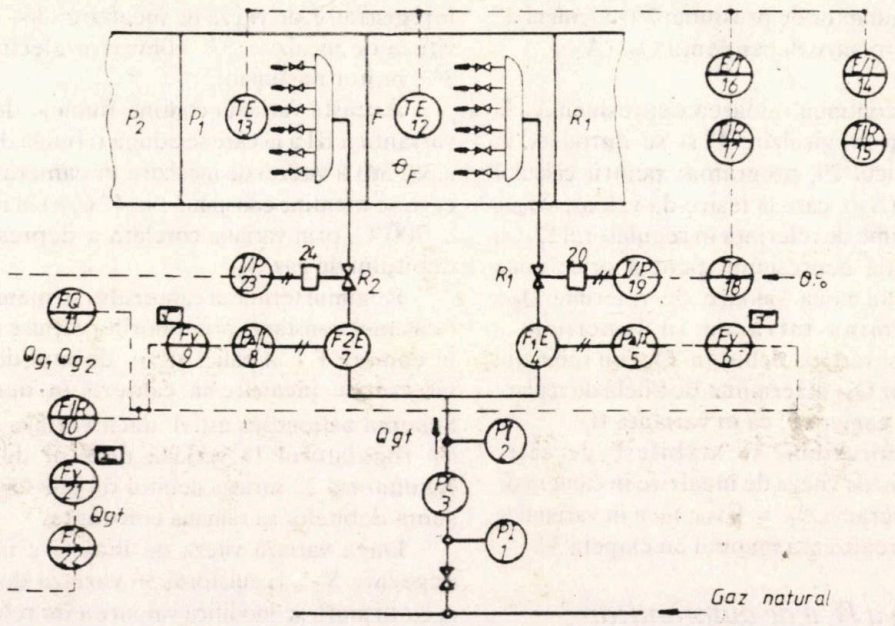


Fig. 5

Schema tehnologica de automatizare. Varianta a II a
Automation process diagram, alternative 2

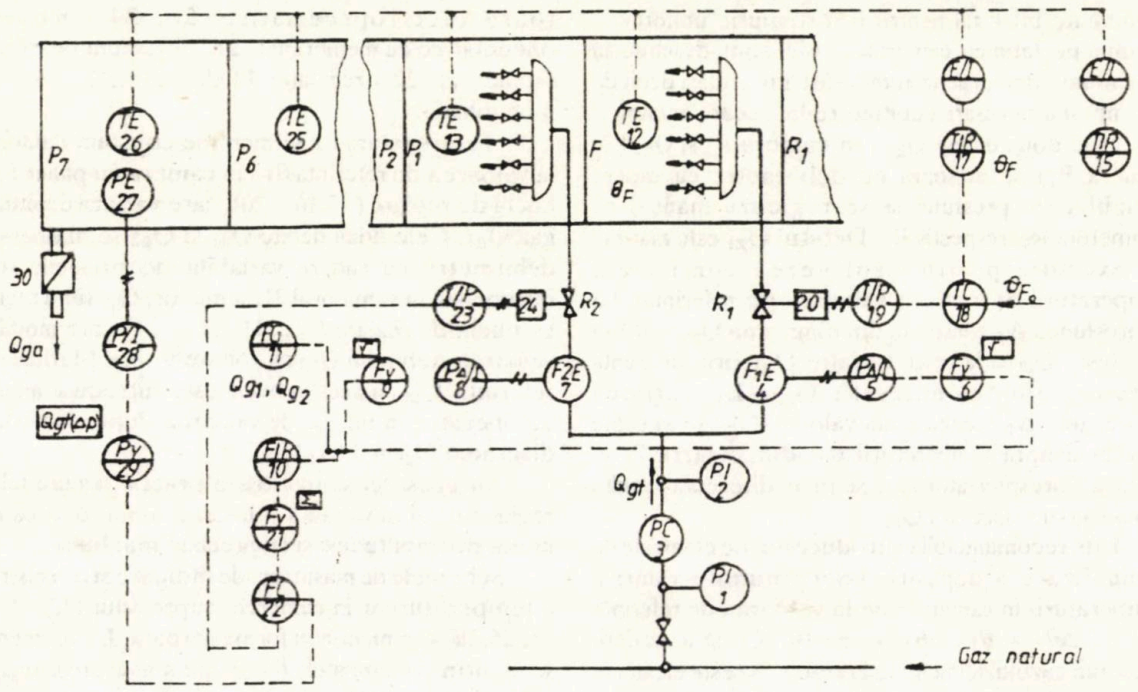


Fig. 6

Schema tehnologica de automatizare. Varianta a III a
Automation process diagram, alternative 3

de referinta Q_{gto} din diagrama $Q_{gt} = f(\Delta p)$ (ca în varianta II). Ea se realizeaza conform schemei tehnologice din figura 6 (1....26 - aceleasi notatii ca în figurile 4 si 5; 27 - element primar pentru masurarea depresiunii; 28 - adaptor de presiune; 29 - element de calcul programat pentru dependenta $Q_{gt}(\Delta p)$; 30 - clapeta).

Se masoara continuu valoarea depresiunii Δp la ultima camera în preîncalzire P si se introduce în elementul de calcul 29, programat pentru calculul functiei $Q_{gt} = f(\Delta p)$, care la iesire da valoarea Q_{gto}, introdusa ca marime de referinta în regulatorul 22. Ca urmare, la variatia depresiunii, pentru orice noua valoare Δp rezulta noua valoare de referinta Q_{gto} ceea ce determina intrarea în functiune a regulatorului 22 si variatia debitului Q_{g2} cu robinetul R_2 (la debit de gaz Q_{g1} determinat de bucla de reglare a temperaturii în camera F, ca în varianta II).

Valorile depresiunii se stabilesc de catre operator în functie de viteza de încalzire în camera de degazare, din diagrama $\Delta p = f(v_{inc})$, ca în variantele precedente si se realizeaza manual cu clapeta 30.

Varianta a IV a de automatizare conventionala

Schema tehnologica de automatizare conform acestei variante este prezentata în figura 7 (1.... 30 - aceleasi ca în figurile 4, 5 si 6; 31 - termocuplu; 32 - adaptor pentru termocuplu; 33 - aparat de indicare si înregistrare a temperaturii în camerele de gazare; 34 - element de calcul; 35 - aparat indicator si înregistrator de viteza de încalzire; 36 - regulator de viteza de încalzire; 37 - convertor electropneumatic; 38 - motor pneumatic).

Aceasta varianta contine buclele de reglare din varianta a III a la care se aduga o bucla de reglare (31 ...38; 30) a vitezei de încalzire în camera în degazare, care se mentine constanta (la 4^0 C/h) în intervalul 300 ... 700^0C, prin variatia corelata a depresiunii Δp si a debitului de gaz Q_{gt}.

Regimul termic al cuptorului se mentine constant (cât mai constant) prin valorile impuse temperaturii în camera F (la palier) Q_F debitul de gaz Q_{gto} si vitezei de încalzire în camera în degazare v_{P3o}. Schema actioneaza astfel: daca variaza temperatura θ_F regulatorul 18 variaza debitul de gaz Q_{g1} si regulatorul 22 variaza debitul de gaz Q_{g2} astfel încât suma debitelor sa ramâna constanta;

Daca variaza viteza de încalzire în camera de degazare V_{p3}, regulatorul 36 variaza depresiune Δp si ca urmare se modifica valoarea de referinta Q_{gto} a regulatorului 22 care variaza debitul Q_{g1} astfel ca suma $Q_{g1} + Q_{g2}$ sa fie egala cu noua valoare de referinta Q_{gto}.

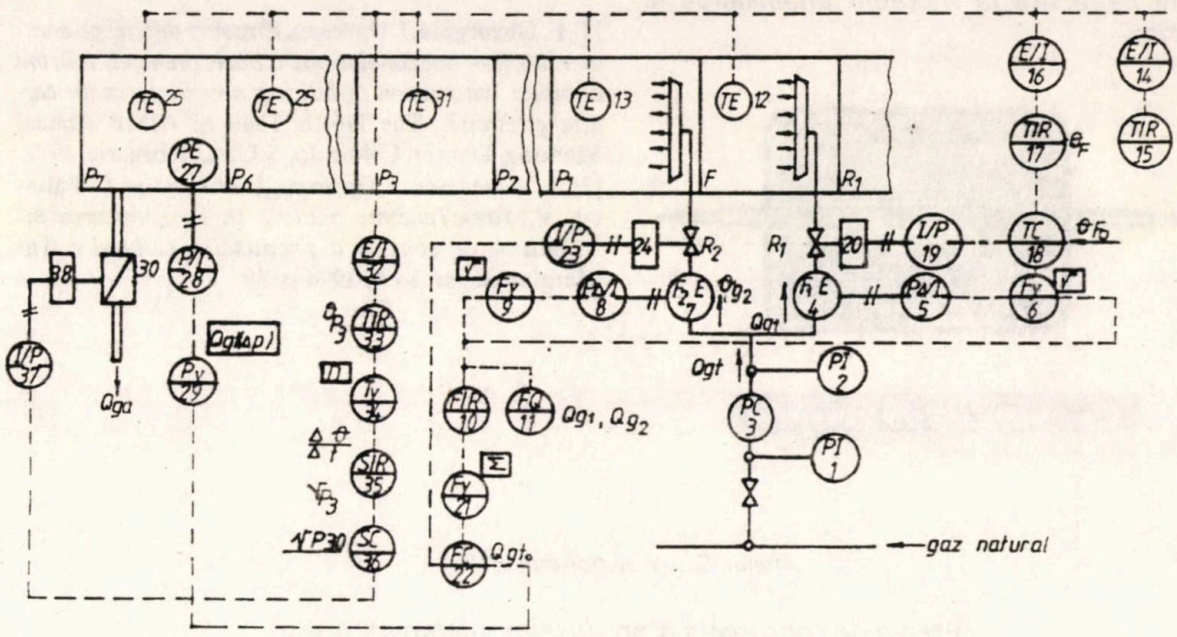


Fig. 7
Schema tehnologica de automatizare. Varianta a IV a
Automation process diagram, alternative 4

Acest mod de reglare are la baza conditia ca distributia temperaturilor da-a lungul zonei active a cuptorului sa fie cât mai constanta, astfel încât camerele în degazare sa fie pe pozitii constante (în principiu, degazare maxima în T_3). Daca accidental, acest inteval de maxima degazare se muta în P_2 exista posibilitatea ca termocuplul acestei camere sa se racordeze la bucla (32 ... 38; 30).

Elementele schemei de masurare, indicare si înregistrare a temperaturilor în camerele cuptorului se mentin conform schemei actuale.

Ar fi de studiat posibilitatea ca în toate camerele cuptorului de preîncalzire sa se masoare direct viteza de încalzire cu elementele (32 ... 35) astfel încât operatorul sa se poata orienta mai prompt.

Concluzii

a. *Cuptorul de coacere este un element liniar pe domeniul de exploatare; procesul de coacere este un proces cu autoreglare care poate fi aproximat printr-un element cu timp mort înseriat cu un element de ordinul I.*

b. *Variabilele cuptoarelor pot fi reglate cu regulatoare continui liniare de tip PID pentru procese lente. Pentru reglarea temperaturii în camera F (la palier) se poate utiliza si o reglare bipozitionala.*

c. *S-au propus patru variante de scheme de automatizare care în ordinea complexitatii urmaresc excluderea treptata a operatorului în conducerea procesului:*

- *varianta I (minimala): conducere manuala;*
- *varianta a II a si a III a (intermediare): conducere partial automata;*
- *varianta a IV a : conducere practic total automata, rolul operatorului fiind acela de supraveghere a instalatiei.*

Este evident faptul ca între aceste patru variante de baza mai exista si alte posibilitati de combinare în scopul realizarii unei automatizari partiale.

d. *Prin metodologia propusa de conducere a cuptorului si schemele de automatizare propuse se considera ca se poate obtine un regim termic constant al cuptorului, care sa realizeze cerintele tehnologice de obtinere a unor produse carbunoase coapte, de calitate.*

e. *Semnalam dificultatea practica de realizare a schemelor de automatizare ca urmare a deplasarilor continue a camerelor în zona activa (camere de preîncalzire). Elementele de automatizare trebuie mutate partial pe panoul local (de ordinul I) si partial pe panou în camera de comanda (de ordinul II) dupa cum se indica si pe scheme.*

Panourile locale trebuie sa fie mobile, cu racordurile necesare la traseele pneumatice si electrice.

BIBLIOGRAFIE

[1] **F. Gheorghiu, I. Oprescu.** *Pressure difference-combustible flow rate correlatiom, a basic prerequisite in the complex automation of balcing ring furnaces for carbon electrodes*. The 116-th TMS of AIME Annual Meeting, Denver, Colorado, S.U.A., februarie, 1977

[2] **A. Semenescu, I. Oprescu, I. Vârcolacu, C. Balescu, V.Mirea:** *Tendinte actuale în modernizarea instalatiilor de coacere a produselor carbonice.* In: Metalurgia , nr. 3 - 4 , 1994 p. 39

REVISTA REVISTELOR

Afonin, S.Z. si Astrahantev, V.V.

Puterea de concurenta a produselor siderurgice rusesti

In: **Stal**, Federatia Rusa, 1993, nr.2, p.84-88

In vederea elaborarii unei scheme a dezvoltarii si amplasarii combinatelor siderurgice din Rusia, a fost înfiintata o grupa de lucru pentru abordarea problemelor legate de puterea de concurenta a produselor siderurgice rusesti. In articol se prezinta situatiile si concluziile efectuate de aceasta grupa.

Efron, L.I. si Litvineriko, D.A.

Microalierea si tratamentul de deformare termica a otelului cu continut scazut de carbon pentru uz general

In: **Stal**, Federatia Rusa., 1992, nr.5, p.60-65

Se prezinta cercetarile de îmbunatatire a proprietatilor otelului cu continut scazut de carbon tip St 3sp; influenta regimurilor de tratament de deformare termica si de microaliere asupra microstructurii acestui tip de otel. Prin acest tratament pot fi îmbunatatite: limita de curgere, rezistenta, rezilienta la temperaturi joase.

Harlampovici, G. si Kaufman, A.

Sistem nou de pregatire a cadrelor de ingineri pentru industria cocsochimica

In: **Koks i himiia**, Federatia Rusa, 1992, nr.9, p.47-51

Se prezinta deficientele existente în sistemul traditional de scolarizare a inginerilor pentru industria cocsochimica din universitatile Federatiei Ruse si cerintelor acuale si de viitor în domeniu.

De asemenea, se prezinta caracteristica unor obiecte de studiu si cursuri specifice industriei cocsochimice. Trecerea la un sistem nou de pregatire a specialistilor necesita solutionarea unor probleme de ordin organizatoric.

BORURAREA LOCALA, SELECTIVA PRIN ALIERE SUPERFICIALA

Dr.ing. Ion Chira, conferentiar, ing. Ioan Marginean, sef lucrari - Universitatea "Politehnica" Bucuresti
Ing. Elena Marginean, ing.Roxana Ruxanda - S.C. INTEC S.A. Bucuresti

C.Z.:621.984.32

Cercetarile în domeniul turnarii pieselor cu modele gazificabile din polistiren au dovedit ca prin utilizarea de pastile din pulberi active, în scopul obtinerii unui efect de aliere superficiala, se realizeaza local, selectiv, straturi borurate, similare celor rezultate prin tratamentele termochimice clasice.

In figura 1 sunt indicate rezultatele borurarii locale, obtinute în cadrul turnarii cu modele gazificabile, a unor placi din otel cu dimensiunile (200x300) mm si grosimi de 35, 60 si 110 mm. Borurarea s-a obtinut prin efectul de aliere superficiala, în urma interactiunii termochimice dintre topitura si piesa în curs de racire la solidificare si miezurile-pastile (similare unor racitori exteriori), confectionate din pulberi active, din sisteme similare cu cele utilizate la tratamentul termochimic clasic, în mediu solid, în containere etanse.

Analizând aceste valori se remarca faptul ca structurile borurate au acelasi ordin de marime al grosimii, indiferent ca sunt obtinute clasic, prin tratament termochimic sau prin turnare, cu aliere superficiala si anume între 30 si 230 μm.

Compozitiile P 35 si P 37 duc la grosimi mari ale stratului borurat prin tratament termochimic: prin turnare se mareste si eficienta compozitiei P 36, probabil si interactiunea termica între topitura si substantele active, care mareste cantitatea de bor activ, care difuzeaza în matricea de otel.

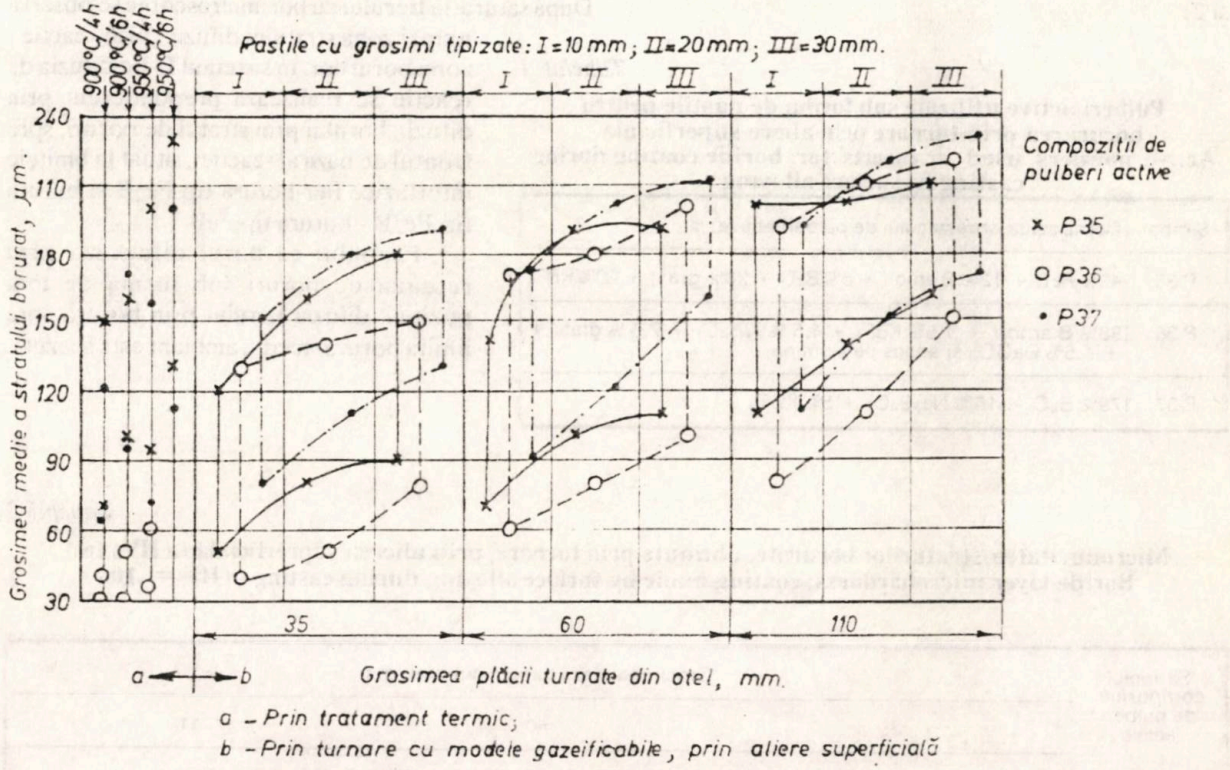


Fig. 1

Grosimea medie a stratului borurat în raport de parametrii tehnologici; pentru fiecare caz în parte s-au marcat limitele valorilor respective
Boridated layer average thickness depending on process parameters; the limits are shown for each case

In cazul alierii superficiale prin turnare, grosimea stratului borurat este proportionala cu grosimea placii turnate din otel si cu înaltimea pastilelor utilizate, lucru explicabil prin dependenta procesului de difuzie, pe de o parte de timpul de interactiune topitura-pastila, iar pe de alta parte de cantitatea de bor activ din sistem. Rezultatele prezentate se refera numai la pozitiile inferioare ale miezurilor-pastile, când si presiunea metalostatica a fost maxima si când aderentele nu au fost exagerat de mari. Incercarile realizate cu plasarea miezurilor- pastile în partea superioara a placii de polistiren nu au dus la rezultate satisfacatoare, care sa poata fi studiate, aderentele au fost atât de pronuntate încât nu au fost îndepartate dupa sablarea standard la care au fost supuse placile turnate. Se confirma situatia cunoscuta de la turnarea otelului, când zgura si defectele de turnare datorate contractiei sunt prezente preponderent în partile superioare ale cavitatii formei; aceste rezultate necorespunzatoare se pot datora si cineticii de gazificare a modelului din polistiren si a "pungilor" de gaze, care apar în aceste zone, corelate cu radiatia mai puternica a baii de otel din cavitatea formei.

La turnare se observa o dependenta mai putin accentuata între caracteristicile stratului borurat (grosimea medie), limite ale microduritatilor si natura sistemului de pulberi active utilizate, comparativ cu procesul de tratament termochimic (tab.1 si 2).

Tabelul 1

Pulberi active utilizate sub forma de pastile pentru borurarea prin turnare prin aliere superficiala
Active powders used in inserts for boride coating during casting by surface alloying

Simbol	Compozitia amestecului de pulberi active, %
P 35	42% FeB + 12% B amorf + 6% B_4C + 20% grafit + 20% KBF_4
P 36	88% B amorf + 1,5% KBF_4 + 1,5 % NH_4Cl + 7,5 % grafit + + 1,5% $BaCO_3$ si adaos de alumina
P 37	79% B_4C + 16% $Na_2B_4O_7$ + 5% KBF_4

In figurile 2 si 3 sunt prezentate microstructurile sectiunilor unor astfel de straturi borurate, obtinute la turnarea otelului marca OT 400-2 STAS 600-82 cu modele gazificabile si miezuri- pastile pentru realizarea efectului de aliere superficiala; temperatura de turnare a otelului este de 1550^0C, formele de borurare au fost confectionate din amestec de formare pe baza de nisip cuartos si 6% silicat de sodiu, întarit prin insuflarea bioxidului de carbon.

Analiza metalografica optica si electronica a acestor straturi superficiale borurate, precum si determinarile de microduritate au relevat faptul ca nu exista diferente sensibile între caracteristicile acestora si modul de obtinere: prin tratament termochimic si prin turnare (prin alierea superficiala).

Borul are o raza atomica mica (0,91 Å) fapt care mareste difuzia acestui element în otel; din acest punct de vedere borul este situat la limita dintre elementele care au razele atomice reduse si favorizeaza formarea unor solutii solide interstitiale cu fierul (cazul hidrogenului, azotului si carbonului) si restul elementelor, cu difuzie mai lenta, care formeaza solutii solide de substitutie. Se admite ca borul formeaza împreuna cu fierul o solutie de substitutie cu ferita ($Fe\alpha$) si o solutie interstitiala cu austenita ($Fe\gamma$).

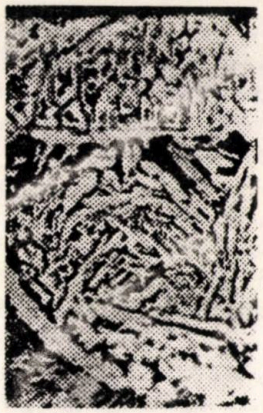
Solubilitatea borului în fierul α si γ este redusa; la $Fe\gamma$, la 1000^0C, solubilitatea este de pâna la 0,008%. Dupa saturatia fierului cu bor microscopic se observa numai zona stratului difuziei prin reactie - zona borurilor. In sistemul B-Fe difuzia de reactie se realizeaza preponderent prin difuzia borului prin stratul de boruri, spre frontul de baza al reactiei, situat la limitele interfazice fier-borura tip Fe_2B si borura tip Fe_2B - borura tip FeB.

Probabil ca borul difuzeaza prin reteaua de boruri sub forma de ioni pozitivi, difuzia fierului prin borura spre limita borura- mediu ambiant este scazuta.

Tabelul 2

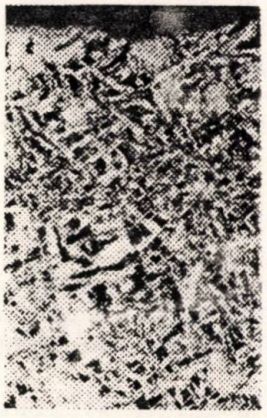
Microduritatea straturilor borurate, obtinute prin turnare, prin alierea suprerficiala ($\mu HV_{0,100}$)
Boride layer microhardness; coating made by surface alloying during casting ($\mu HV = .100$

Simbolul compozitiei de pulberi active	Grosimea placii turnate din otel, mm								
	35			60			110		
	Grosimea tipizata a pastilelor I = 10 mm; II = 20 mm ; III = 30 mm								
	I	II	III	I	II	III	I	II	III
P 35	1410	1487	1500	1440	1410	1510	1457	1560	1630
P 36	1380	1420	1497	1392	1490	1513	1410	1493	1587
P 37	1440	1630	1830	1475	1693	1780	1480	1621	1710

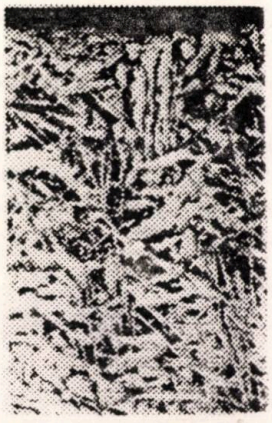


a

b



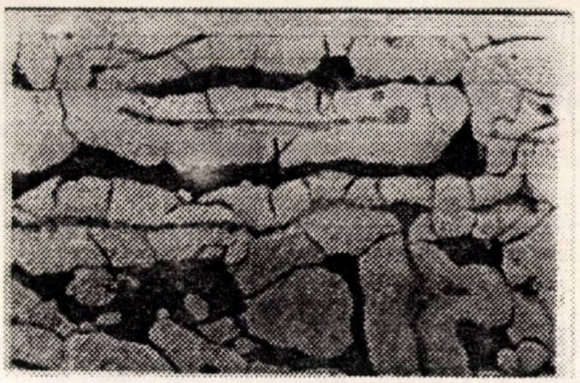
c



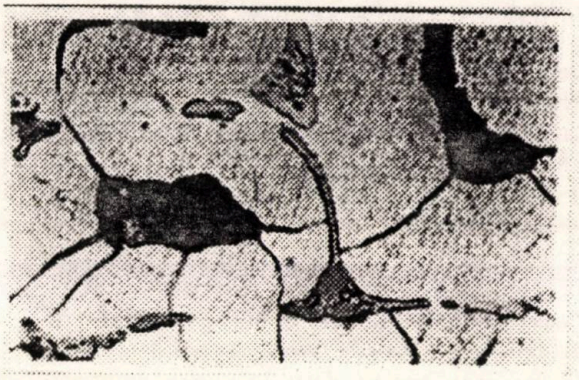
d

Fig. 2

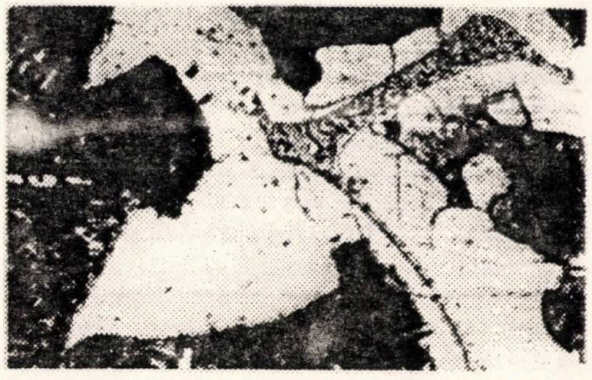
Microstructurile straturilor borurate (atac nital 2%, 150:1)
Boridated layer microstructures (etching: nital 2%, x 150)



a



b



c

Fig. 3

Microstructurile zonelor borurate (atac selectiv, 500:1)
Boridated zone microstructure selective etching: 500 : 1

Microstructura tipica a stratului superficial borurat prezinta aspectul de "dinti", realizati din ace de boruri, orientate relativ perpendicular pe suprafata probei si care patrund în grauntii de ferita ai matricei (solutia solida de bor în ferita dispusa de multe ori acicular, tip Widmanstatten = Widmanstatten structure). La formarea stratului de difuzie, pe suprafata suport de baza, dupa atingerea saturatiei limita cu bor a solutiei solide (α sau γ) la început apar nuclee, iar dupa aceea ace de borura tetragonala tip Fe_2B (a = 5,109Å, c = 4,249 Å si c/a = 0,832 cu 8,84% B). Aceste ace distincte, dintate cresc contopindu-se treptat într-un strat continuu; în continuare, pe suprafata acestui strat de boruri apar ace izolate, neegale între ele, iar ulterior apare un al doilea strat continuu, de borura rombica tip FeB (a = 5,506 Å, b = 4,061 Å si c = 2,952 Å cu 16,25% B).

In cazul unui atac cu acid azotic sau picric, stratul celei de a doua boruri tip FeB apare slab contrastant si pentru scoaterea lui în evidenta se apeleaza la atacul pe cale termica (~ 5 min, la 500^0C). Stratul apare suficient evidentiat folosind un atac la ~ 40^0C timp de 30 s din reactivul: 0,5 g acid picric, 12,5 g hidroxid de sodiu si 25 cm^3 de apa.

Aspectul acicular, dintat al stratului borurat indica mecanismul de formare si, în special, de crestere a borurilor în directia relativ perpendiculara pe suprafata probei, în timp ce, în lungul suprafetei acesteia, dezvoltarea acestor faze dure este mult mai redusa; cinetica este datorata, se pare, difuziei preferentiale a borului pe limitele grauntilor, cu toate ca microscopic nu întodeauna se regaseste directia de crestere a acelor, dintilor pe limitele acestor graunti de ferita. O explicatie asupra aspectului acicular dintat al stratului superficial borurat ar consta în faptul ca aceste faze au anumite particularitati structurale care admit deplasarea rapida a atomilor activi pe directiile respective, conditionate structural si astfel dezvoltarea combinatiilor intermatalice se produce preferential; borura de tip FeB are microduritatea maxima (1800-2000 μ HV $_{0,100}$) iar cea tip Fe_2B ceva mai scazuta (1600-1800 μ HV $_{0,100}$)(tab.2).

Analizând aceste date se remarca faptul ca microduritatile straturilor borurate prin turnare sunt ceva mai scazute decât cele teoretice (pâna la ~ 2400 μ HV $_{0,100}$) sau obtinute prin tratament termochimic, în conditiile unor sisteme identice de pulberi active folosite (când s-au obtinut si microduritati de circa 1800 μ HV$_{0,100}$); acest fapt s-ar putea explica prin gradul de ecruisare mai redus al matricei turnate - decât în cazul otelului laminat sau prin proportia de ferita/perlita din structura (racirea piesei turnate la solidificarea în forma din amestec de formare echivaleaza cu o oarecare operatie de recoacere a matricei).

Se remarca faptul ca desi sunt utilizate aceleasi tipuri de paste pentru borurarea prin difuzie, eficienta acestora în ceea ce priveste eliberarea borului liber activ este diferita la turnare, comparativ cu tratamentul termochimic. Acest fapt se explica prin conditiile termochimice si fizico - mecanice diferite în care are loc descompunerea acestor compozitii si respectiv difuzia borului în otelul lichid sau solid; în acest fel pot fi optime anumite sisteme de compozitie, pentru tratamentul termochimic si altele pentru borurarea prin turnare.

Eficienta mai buna o au compozitiile simbol: P 35 si P 37 (tab.2); microduritatile stratului borurat sunt proportionale cu înaltimile pastilelor folosite (I = 10mm, II = 20 mm si III = 30 mm) si depind de grosimea placii turnate, fiind maxime la placile de 110 mm. Explicatia o constituie proportionalitatea între microduritate-rigiditate a stratului borurat si grosimea acestuia,(fig.1).

In concluzie, apare posibila dirijarea solidificarii la turnarea cu modele gazificabile din polistiren prin folosirea efectului de aliere superficiala, realizat prin intermediul unor miezuri exterioare, tip pastile confectionate din pulberi active, similare unor racitori exteriori. Modelele din polistiren permit folosirea unor tehnologii variate de aliere si modificare, agentii respectivi fiind utilizati fie sub forma unor microracitori interiori (încorporati în model, la expandarea în matrita a acestuia), fie similar racitorilor exteriori, sub forma de pelicule de vopsea, paste sau chiar pastile, cu care topitura vine în contact nemijlocit. Intensitatea proceselor de difuzie este satisfacatoare prin marirea temperaturii de reactie, chiar daca timpii tehnologici sunt mai redusi comparativ cu tratamentele clasice termochimice.

BIBLOGRAFIE

[1] **Chira I., Marginean I. ,Marginean Elena, Ruxanda Roxana**: *Procese de borurare realizate prin turnare cu modele gazificabile din polistiren.* In: Metalurgia nr.11,1993,p.44

[2] **Minchevici, A.N. Himiko:** *Termicieskaia obrabotka metallov i splavov.* Ed. Masinostroienie, Moscova, 1985

[3] **Chira I., Sofroni L., Cocolas S.**, s.a. *Compozitie pentru acoperirea suprafetelor formelor si miezurilor de turnatorie si procedeu de realizare a acesteia.* Brevet nr. 99541, 1987

[4] **Chira I., Sofroni L, Surdulescu M.** *Procedeu de dirijare a proceselor metalurgice la turnarea cu modele gazificabile.* Dosar OSIM nr.(21) 131842, 822, C7/00, Bucuresti, 1988

MODIFICARI STRUCTURALE PRIN ALIEREA SUPERFICIALA CU BOR LA TURNAREA CU MODELE GAZIFICABILE

Dr. ing. Ion Chira, conferentiar, ing. Ioan Marginean, sef lucrari - Universitatea "Politehnica" Bucuresti
Ing. Elena Marginean, Ing. Roxana Ruxanda - S.C. INTEC S.A. Bucuresti

C.Z.:621.984.32

Cercetari anterioare în domeniul turnarii cu modele gazificabile din polistiren au dovedit posibilitati de dirijare a solidificarii prin utilizarea unor pulberi active, fie utilizate cu racitori interiori (înglobate în interiorul modelului gazificabil la confectionarea prin expandare în matrita), fie prin folosirea sub forma unor vopsele exterioare, paste sau pastile (similare unor racitori exteriori) pentru realizarea procesului de aliere superficiala (fig.1).

Alierea superficiala, care se produce prin difuzia

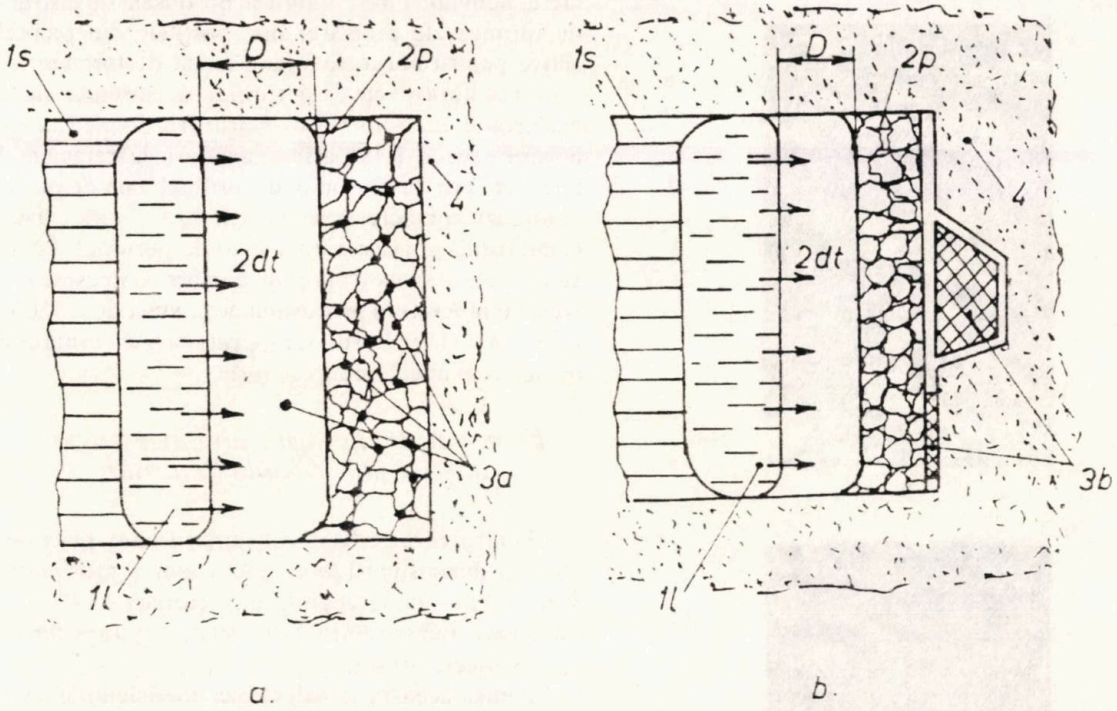


Fig. 1

Dirijarea solidificarii la turnarea cu modele gazificabile: 1 - aliaj (s - solidificat, l - lichid); 2 - model din polistiren (dt - gazificat, degajat termic; p - in curs de gazificare, inca solid); 3 - mediile de dirijare, aliere sau modificare (a - incorporate în model; b - exterioare modelului); 4 - amestec de formare

Solidification control during casting with gasifying patterns: 1 - alloy (s - solidified, l - liquid); 2 - pollystiren pattern (dt - gasified, p - gasifying); 3 - control, alloying or inoculation agents (a - inside the pattern; b - outside the pattern); 4 - moulding sand

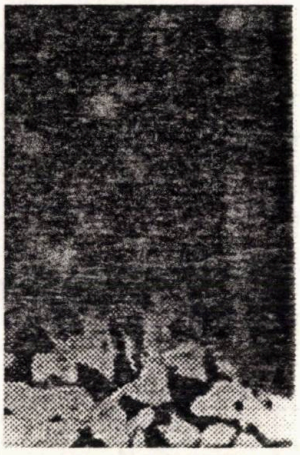
In cazul miezurilor - pastile, alierea supreficiala a permis obtinerea de straturi superficiale, locale, borurate, similare celor obtinute prin tratamentul termochimic în mediu solid, în containere etanse; în ambele cazuri regimul termic si reactiile chimice, care se desfasoara la interfata otel (lichid,solid) si pulberile active, permit desfasurarea proceselor de difuzie ale borului activ, atomic si aparitia pe suprafata reperului respectiv a unor straturi superficiale dure, cu rezistenta mare la uzura prin frecare mecanica si abraziva. Cercetarile au fost axate pe oteluri carbon, pentru cementare sau turnare (STAS 600-82 si STAS 880-88) având în vedere numeroasele aplicatii practice industriale ale acestora: scule pentru deformari plastice, aschiere, componente ale matritelor, elemente de uzura din masinile textile, motoare termice etc.

borului activ în matrice de otel, se realizeaza în urma termodistructiei polistirenului sub actiunea nemijlocita a topiturii, intercatiunii topitura pastila din pulberi active si intercatiunii termochimice la solidificarea piesei cu aceste medii gazoase de borurare care rezulta prin descompunerea purtatorilor de bor din pastilele mentionate (fig.1,b)

Alierea superficiala se realizeaza în primul rând pe baza mecanismul cunoscut de formare a aderen-

telor fizicotermice si, în special, termochimice, dependente de temperatura ridicata de turnare a otelului (~ 1550^{0}C), fluiditatea ridicata a acestuia în timpul relativ mare de interactiune termica, în perioada racirii- solidificarii (fig.2).

a



b

c

Fig. 2

Aderente fizico-chimice si termo-chimice la turnarea placilor din otel, cu grosimi de 35 mm (a), 60 mm (b) si 110 mm (c), atac nital 2%, 200:1

Physico-chemical and thermochemical adherents when casting 35 mm (a), 60 mm (b) and 110 mm thick steel plates (etching: 2% nital, x 200)

Grosimea stratului superficial borurat este proportionala cu produsul între timpul si temperatura în care si la care se produce fenomenul de difuzie, dupa ce în prealabil aceeasi factori au determinat aparitia în sistem a borului atomic activ; cercetari ulterioare au demonstrat similititudini structurale (metalografice) si de comportament (proprietati mecanice, microduritate, anduranta în exploatare) între straturile superficiale borurate obtinute clasic prin tratament termochimic si cele prin aliere superficiala, locala, la turnarea cu modele gazificabile.

Temperatura mare a topiturii (~ 1550^{0}C) comparativ cu palierul maxim de ~ 950^{0}C de la borurarea termochimica clasica realizeaza o compensare a timpului mai scurt de contact aliaj - matrice - pastila cu pulberi active.

Metoda de borizare locala prin turnare cu modele gazificabile din polistiren realizeaza deci contactul nemijlocit între topitura, produsele de distructie termica ale polistirenului, pastilele din pulberi active pentru borurare si amestecul de formare; se remarca faptul ca desi timpul de contact între materialul metalic supus borurarii si mediul de borurare scade de la marimea de 4 - 6 h, la tratamentul termochimic, la un timp de ordinul minutelor, se realizeaza contactul nemijlocit între topitura, aliajul lichid turnat si acest mediu solid de borurare. Pe de alta parte, desi acest timp de contact se micsoreaza, creste temperatura procesului de contact de la 950^{0}C la ~ 1500^{0}C, palierul temperaturii de turnare si respectiv al interferentei cu forma.

Elemente tehnologice analitice privind alierea superficiala la turnare

Pentru cazul concret al turnarii unor placi din otel, cu dimensiuni (200 + 300) mm si grosimi de 35,60 si 110 mm, temperatura de turnare 1550^{0}C, se calculeaza temperatura la interfata topitura forma θ_{ipf} (indicele f-forma, p-piesa, aliaj).

Pentru aceasta se calculeaza coeficientii globali de acumulare a caldurii b pentru forma b_f si aliajul turnat b_p, pornind de la caracteristicile termofizice pentru cele doua materiale (tab.1). Sunt considerate valorile parametrilor termofizici pentru otelul lichid cu 0,18% C, elaborat în cuptor electric cu arc, bazic, amestec de formare din nisip cuartos dublu spalat de Aghires (STAS 5609-86) si 6% silicat de sodiu (d = 1,69 g/cm^3, m = 2,21 STAS 2902 - 87), 3% bentonita activata (STAS 9163/9-89), 1% covalit.

Se obtine:

$$b = \sqrt{\lambda \cdot C_p \cdot \rho}, \quad [W \cdot S^{1/2} / m^2 \cdot {}^0C], \qquad (1)$$

b_f = 530, [W•S1/2/m2•^{0}C]

b_p = 18170, [W•S$^{1/2}$/m^2•^{0}C)]

Daca se considera temperatura initiala a formei $\theta_f \approx 25^0$C si se obtine din bilantul termic $Q_p = Q_f$ respectiv daca se explicteaza caldurile Q_p si Q_f

Pentru a va lansa pe o piata cu produsele Dvs., trebuie sa va informati temeinic.

Cereti imediat materialele editate de CIDMET - SIDEROM *pentru a fi informat*

CIDMET

Central de Informare si Documentare pentru Metalurgie

Str. Mendeleev 21 - 25,
sector 1
70 168 BUCURESTI
tel. 659 49 90
fax: 3124278, 3124276

SIDEROM . CIDMET editeaza o serie de publicatii care se transmit firmelor din domeniul metalurgiei si constructiilor de masini din România si din alte tari.

Produsele si tehnologiile, consultanta si asistenta tehnica oferite de firma dumneavoastra pot beneficia de publicitate în materialele periodice pe care le editam si difuzam, cum sunt:

- Revista Metalurgia
- Buletin de Informare Documentara
- Informatii din metalurgia mondiala
- Sumare din reviste straine de specialitate
- Noutati în siderurgie
- Indicatori tehnico-economici

In cazul în care doriti sa va facem publicitate va rugam:
- sa ne transmiteti materialul pentru reclama în forma pe care o doriti (fotografii, diapozitive color, text, machete etc);

- sa transmiteti suma corespunzatoare publicarii reclamelor dorite la BCR SMB 301520201 Bucuresti

Va stam la dispozitie pentru comunicarea tarifelor actuale

Sumare din reviste est-vest
Diverse publicatii
Traduceri
Carti de vizita
Formulare tiparite de birou

Metalurgia
Cataloage de produse
Prospecte
Buletin de informare documentara
Sinteze documentare
Indicatori tehnico-economici
Noutati din siderurgie
Informatii din siderurgia mondiala

CIDMET - SIDEROM *doreste sa contribuie la progresul tehnic în metalurgie, la transferul de tehnologie, la asimilarea de cunostinte privind problemele de mare actualitate.*

CIDMET - SIDEROM *doreste sa participe intens la îmbunatatirea calitatii produselor, la cresterea productivitatii si, în final, la succesul dumneavoastra.*

În acest scop CIDMET - SIDEROM

urmareste constant literatura mondiala de profil, pe care o prelucreaza sub diverse forme, cât mai accesibile.
De asemenea, apeleaza la mari specialisti pentru elaborarea de lucrarari originale, sinteze, articole etc.

CIDMET - SIDEROM va propune pentru anul 1995 publicatii periodice si informare documentara asistata de calculator

Este societatea Dvs. în masura sa
tina pasul cu tehnologiile moderne?

Cereti imediat materialele editate
de CIDMET - SIDEROM

PENTRU A fi INFORMAT

Tabelul 1

Parametrii termofizici ai materialelor de la interfata
Thermophysical parameters of interface materials

Materiale Parametrii termofizici si UM	Amestec de formare cu silicat de sodiu	Otel carbon, cu 0,18%C
Conductivitatea termica λ, W/m • ^{0}C	0,250	47,67
Caldura masica specifica, C_p J/Kg • ^{0}C	750	lichid: 900 solid: 810
Densitatea ρ, kg/m^3	1500	7860

pentru piesa Q_p iar pentru forma Q_f, dupa relatia cunoscuta a lui N. Chvorinov:

$$Q_p = 1{,}128 \cdot b_p (\theta_{turn} - \theta_{ipf}) \cdot \sqrt{t_r}, \quad (2)$$

$$Q_f = 1{,}128 \cdot b_f \cdot (q_{ipf} - q_{f0}) \cdot \sqrt{t_r} \quad (3)$$

unde t_r este timpul de racire luat in calcul.

Rezulta din egalitatea relatiilor (2) si (3):

$$\theta_{ipf} = \frac{\theta \cdot b_f + \theta_{turn} \cdot b_p}{b_f + b_p}, \quad (4)$$

Relatia (4) stabilita de N.N. Dobronotov pentru calculul temperaturii initiale de contact piesa - forma θ_{ipf} este de fapt relatia de calcul a temperaturii θ_i din teoria generala a transmisiei conductive a caldurii si se obtine:

$\theta_{ipf} = 1506,\ [^0C]$

Dupa 1 min (t_r = 1min) de la turnare, gradientul de temperatura in peretele placii de otel θ_p si al formei θ_f (respectiv a miezului-pastila utilizat pentru borurare) va fi:

$$\theta_p = \theta_{turn} - (\theta_{turn} - \theta_{solid}) \cdot \mathrm{erf}\frac{X_p}{2 \cdot \sqrt{a_p \cdot t_r}}, \quad (5)$$

$$\text{si } \theta_f = \theta_{ipf} - (\theta_{ipf} - \theta_{f0}) \cdot \mathrm{erf}\frac{X_f}{2 \cdot \sqrt{a_f \cdot t_r}}, \quad (6)$$

unde: a_p, a_f sunt coeficientii de difuzivitate termica pentru cele doua corpuri in contact, in m^2/s, iar X_p si X_f grosimile de perete ale piesei, respectiv ale formei, in m. Conditiile initiale sunt:

$\theta_{solid} \approx 1400^0$C; $\theta_{f0} = 25^0$C; $X_p = X_f = 0{,}001$m; t_r = 1min 60 s.

Pentru coeficientul $a = \frac{\lambda}{c_p \cdot \rho}$ (7) se obtine:

$a_p = 1{,}0905 \cdot 10^{-5}$, m^2/s; $a_f = 2{,}2222 \cdot 10^{-7}$, m^2/s.

Argumentele $\frac{X}{2 \cdot \sqrt{a \cdot t}}$, sunt:

$$\frac{X_p}{2 \cdot \sqrt{a_p \cdot t_r}} = 1{,}9547 \cdot 10^{-2};$$

$$\frac{X_f}{2 \cdot \sqrt{a_p \cdot t_r}} = 1{,}3693 \cdot 10^{-1}.$$

Valorile functiei erorilor lui Gauss, corespunzatoare acestor argumente sunt:

$$\mathrm{erf}\frac{X_p}{2 \cdot \sqrt{a_p \cdot t_r}} = = 0{,}03663;$$

$$\mathrm{erf}\frac{X_f}{2 \cdot \sqrt{a_p \cdot t_r}} = 0{,}13457.$$

Se obtin gradientele θ_p si θ_f la un minut dupa turnare, la o grosime de 1 mm de interfata, deci chiar în zona de producere a procesului de aliere superficiala pentru obtinerea borurarii locale:

$\theta_p \approx 1544{,}5^0$C; $\theta_f \approx 1306{,}7^0$C. Se considera ca procesele de difuzie scad sub limita de eficacitate practica pentru producerea borurarii la temperaturi sub 500^{0}C. Considerând temperatura de dezbatere $\theta_{dezb} = 500^0$C, marimea timpului total de racire t_r, respectiv durata procesului de aliere superficiala va fi:

$$t_r = t_I + t_{II} + t_{III}, s \quad (8)$$

unde t_I, t_{II}, t_{III} sunt timpii partiali de cedare ai caldurii de supraîncalzire a topiturii, de solidificare propriu - zisa si de racire a piesei solidificate.

Modelele din polistiren au fost vopsite cu o compozitie realizata din faina de zirconiu (9 p-parti volumice), ulei de in fiert STAS 18 - 70 (1 p), silicat de sodiu tip SB STAS 2902 - 87 (4 p, cu d = 1,53 g/cm^3 si m = 2,4), white spirit (6 p), cu grosimea X_v = 1,5 mm si λ_v = 0,15 W/m • ^{0}C. [1], [2].

Se considera cazul extrem al placii de otel cu h_1 = 35 mm si h_2 = 110 mm, pentru densitati ale otelului d = 7,86 g/cm^3, de unde rezulta:

$$V = a \cdot b \cdot c, \text{ cm}^3 \quad (9)$$

$V_1 = 2100$ cm^3; $V_2 = 6600$ cm^3; $M_1 = 16{,}5$ kg; $M_2 = 51{,}9$ kg marimi care permit calculul cantitatii totale de caldura Q_p continuta de topitura M_1 si M_2 din forma: $Q_p = M_p \cdot \theta_{turn} \cdot C_{p1}$, J (10).

Daca C_{p1} = 900 J/kg • ^{0}C se obtin:

$Q_p = 2{,}046 \cdot 10^7$ J, $Q_{p2} = 6{,}4356 \cdot 10^7$ J, unde pentru temperatura de turnare s-a considerat

$\theta turn = 1550^0$C.

Conductanta stratului de vopsea refractara, β_v, de protectie, aplicata direct pe modelul din polistiren, ramas in forma si peste care s-a facut turnarea, este:

$$\beta_v = \frac{\lambda_v}{\Xi_v}, \text{ W/m}^2 \cdot ^0\text{C} \quad (11)$$

pentru $\beta_v = 100$W/m^2.^{0}C, se obtin timpii partiali de racire t_I, t_{II}, t_{III} pentru cele doua cazuri considerate (placa subtire de 35 mm si placa groasa de 110 mm, 1 si respectiv 2 se obtine:

$$t_I = \frac{M_p \cdot C_{p1} (\theta_{turn} - \theta_{solid})}{\beta_v \cdot \theta_{ipf} \cdot (\theta_{turn} - \theta_{f0})}, s \quad (12)$$

unde θ_{solid} se considera 1400^{0}C, iar interfata de contact piesa forma A_{ipf} este egala cu:

$A_{ipf} = 2 \cdot [(axb) + (axc) + (bxc)]$, cm^2

$A_{ipf_1} = 0{,}155$ m^2; $A_{ipf_2} = 0{,}230$m^2. Se obtin t_{I_1} = = 94,23 si t_{I_2} = 199,75 s. Pentru caldura latenta de solidificare L_{solid} = 264 mJ/kg, timpul t_{II} necesar schimbarii de faza lichid-solid (solidificarii propriu zise) este:

$$t_{II} = \frac{M_p \cdot L_{solid}}{\beta_v \cdot A_{ipf} \cdot (\theta_{solid} - \theta_{f0})}, \quad s \qquad (14)$$

Timpul de racire pâna la dezbatere t_{III}, pentru C_{p_s} = 810 J/kg·^{0}C este :

$$t_{III} = \frac{M_p \cdot C_{p_s} \cdot (\theta_{solid} - \theta_{dezb})}{v \cdot A_{ipf} \cdot (\theta_{solid} - \theta_{f0})} \qquad (15)$$

se obtin t_{III_1}=862, 26 s; t_{III_2} = 1827,78 s.

Timpul total de racire t_r, respectiv de contact aliaj-pastila cu pulberi active pentru borurarea prin aliere superficiala locala, va fi egal cu:

$t_r = t_I + t_{II} + t_{III}$, s

t_{r_1} = 1160,87 s = 19,34 min si t_{r_2} = 2460,78 s = 41,01 min

CONCLUZII

Calculele efectuate dau ordinea de marime a temperaturii si a timpului care caracterizeaza procesul de aliere superficiala la interfata de contact topitura/piesa-forma/pastila din pulberi active si demonstreaza posibilitatea ca la turnare sa se desfasoare procese de difuzie suficient de intense pentru realizarea unor straturi borurate, cu caracteristici similare celor de la tratamentul termochimic.

Ramâne deschisa problema corelarii, pentru fiecare caz concret în parte, a raportului grosime piesa turnata - grosime pastila din pulberi active si stabilirea regimului termic adecvat, prin utilizarea anumitor straturi de vopsea, cu conductante termice în raport cu viteza de racire (solidificare).

BIBLIOGRAFIE

[1] **Chira I., Marginean I., Marginean E., Ruxanda R.**: *Procese de borurare realizate prin turnarea cu modele gazificabile din polistiren.* In: Metalurgia nr.11, 1993

[2] **Sofroni L., Chira I. si Surdulescu M.** : *Turnarea prin cadere libera în forme metalice.* Ed.Tehnica, Bucuresti, 1993

[3] **Chira I., Sofroni L. si Brabie V.**: *Procedee speciale de turnare.* Ed.Didactica si Pedagogica, Bucuresti, 1980

[4] **Chira I. si Istrate Gh.**: *Procedee speciale de turnare.* Aplicatii si îndrumar pentru lucrarile de laborator. Litografia IPB, Bucuresti, 1987

[5] **Bratu C., Sofroni L. si Brabie V.**: Termofizica proceselor de turnare.Litografia IPB, Bucuresti, 1984

REVISTA REVISTELOR

Labov A. si Fomenko I.

Protectia mediului înconjurator de emanatiile rezultate de la cuptoarele de cocsificare

In: **Koks i himiia**, Federatia Rusa, 1992, nr.9, p.42

In vederea unei protectii eficiente a mediului înconjurator împotriva emanatiilor rezultate de la cuptoarele de cocsificare, o importanta mare o are respectarea regimului tehnologic si modul de exploatare a utilajului.

Kalpakov S.V. si Borisov E.M.

Noi abordari privind amplasarea si proiectarea întreprinderilor metalurgice, în conditiile reformei economice care are loc în Rusia

In: **Stal**, Federatia Rusa, 1992, nr.11, p.1-5

Se prezinta analiza starii siderurgiei si perspectivele dezvoltarii acesteia în Rusia, tinând seama de reforma economica si de trecerea la noile relatii de piata.

CORELATIE ÎNTRE CAZUL UNIAXIAL SI TRIAXIAL PENTRU UN CORP IZOTROP

O GENERALIZARE A CRITERIULUI DE CEDARE VON MISES

Dr.ing.Nicolae Muzilu, profesor asociat, Universitatea Raleigh, S.U.A.
Dr.ing.Maricel Agop, conferentiar, Universitatea Tehnica "Gh.Asachi" Iasi
Ing.Viorel Grancea, lector, Universitatea Tehnica "Gh.Asachi" Iasi
Ing.Petre Vizureanu, asistent, Universitatea Tehnica "Gh.Asachi" Iasi

C.Z.: 539.374

Utilizând teoria grupurilor continui, masurabile se stabileste o corelatie între cazul uniaxial si triaxial pentru un corp izotrop. Intr-un asemenea context, se generalizeaza criteriul de cedare a lui von Mises.

Deformatia plastica ireversibila se descrie în urmatoarele doua ipoteze care, cel putin pentru materialele izotrope, se impun pe baza unei largi evidente experimentale.

1. Deformatia plastica are loc practic fara schimbarea de volum a materialului. Daca notam cu ε_i deformatiile principale, atunci aceasta conditie revine la:

$$\varepsilon 1 + \varepsilon 2 + \varepsilon 3 = 0 \qquad (1)$$

2. Deformatiile maxime de forfecare sunt proportionale cu tensiunile maxime de forfecare, adica:

$$\frac{\varepsilon_2 - \varepsilon_3}{\sigma_2 - \sigma_3} = \frac{\varepsilon_3 - \varepsilon_1}{\sigma_3 - \sigma_1} = \frac{\varepsilon_1 - \varepsilon_2}{\sigma_1 - \sigma_2} = c \qquad (2)$$

Constanta c poate depinde de timp si de parametrii starii termodinamice a materialului. Relatiile (2) presupun ca nu are loc nici o schimbare în orientarea axelor principale ale tensiunilor si deformatiilor.

Dintre ecuatiile (2) doar doua sunt independente. Luându-le pe acestea împreuna cu ecuatia (1) si rezolvând sistemul pentru ε_i, se obtine:

$$\varepsilon_i = c \bullet s_i \qquad (3)$$

unde:

$$s_i = \frac{1}{3}(2\sigma_i - \sigma_j - \sigma_k) \qquad (4)$$

cu (i, j, k) formând o permutare circulara.

In acest moment se observa ca relatiile (3) - numite relatii constitutive - deriva dintr-un potential ce are semnificatie energetica. Intr-adevar se considera ca într-un punct din material, tensiunea tangentiala pe un plan cu normala data de valoarea cos pentru l_1, l_2, l_3 este:

$$\tau^2 = \sigma_1^2 l_1^4 + \sigma_2^2 l_2^4 + \sigma_3^2 l_3^4 - \left(\sigma_1 l_1^2 + \sigma_2 l_2^2 + \sigma_3 l_3^2\right)^2 \qquad (5)$$

Se defineste media spatiala a acestei marimi admitând o distributie uniforma a normalelor planelor de alunecare, prin:

$$\tau_m^2 = \frac{1}{\Omega}\int \tau^2 d\Omega \qquad (6)$$

unde $d\Omega$ este masura elementara a unghiului solid si se exprima prin:

$$d\Omega = \sin\theta\, d\theta\, d\varphi \qquad (7)$$

iar:

$$l_1 = \sin\theta\cos\varphi$$
$$l_2 = \sin\theta\sin\varphi \qquad (8)$$
$$l_3 = \cos\theta$$

integrând valorile din relatia (6) se obtine valoarea [1]

$$\tau_m^2 = \frac{1}{15}\left\{(\sigma_2 - \sigma_3)^2 + (\sigma_3 - \sigma_1)^2 + (\sigma_1 - \sigma_2)^2\right\} \qquad (9)$$

In mod cu totul analog se arata ca media tensiunii normale este data de marimea:

$$p = \frac{1}{3}(\sigma_1 + \sigma_2 + \sigma_3) \qquad (10)$$

Din relatia (9) se arata ca:

$$\frac{\partial \tau_m}{\partial \sigma_i} = \frac{1}{5\tau_m} \bullet S_i \qquad (11)$$

de unde rezulta ca pentru τ_m = constant, se poate scrie:

$$\varepsilon_i = k\frac{\partial \tau_m}{\partial \sigma_i} \qquad (12)$$

Aceasta înseamna ca ε_i este proportional cu gradientul suprafetei "echipotentiale" τ_m = const., din spatiul tensiunilor. Aceasta suprafata este denumita curent suprafata de curgere a materialului, iar relatia (12) este legea de curgere asociata acestei suprafete.

Experimental se constata faptul ca materialul începe sa curga plastic aproximativ în jurul unei valori care, în tractiune uniaxiala, este denumita tensiune de curgere - σ_c. Deoarece solicitarile generale sau calculele nu sunt uniaxiale decât în cazuri cu totul particulare, si cu atât mai mult nu sunt uniaxiale nici tensiunile induse de solicitari în material, este necesar sa se gaseasca un echivalent triaxial al tensiunii din solicitarile uniaxiale pentru a se putea folosi cu profit, în calcule, curbele experimentale. Acest echivalent se prezinta în mod natural, în virtutea observatiilor anterioare prin τ_m sau din motive de convenienta prin marimea:

prezinta în mod natural, în virtutea observatiilor anterioare prin τ_m sau din motive de convenienta prin marimea:

$$\bar{\sigma} = \frac{1}{\sqrt{2}}\left\{\sum (\sigma_2 - \sigma_3)^2\right\}^{\frac{1}{2}} \qquad (13)$$

Astfel, daca este satisfacuta conditia:

$$\bar{\sigma} = \sigma_C \qquad (14)$$

materialul începe sa curga plastic. Aceasta conditie constituie un asa - **numit criteriu de cedare** ce poarta numele lui **von Mises**.

Daca, în mod analog cu relatia (13) se defineste intensitatea deformatiilor prin:

$$\bar{\varepsilon} = \frac{\sqrt{2}}{3}\left\{\sum (\varepsilon_2 - \varepsilon_3)^2\right\}^{\frac{1}{2}} \qquad (15)$$

atunci, din relatia (2) rezulta:

$$c = \frac{3}{2}\frac{\bar{\varepsilon}}{\bar{\sigma}} \qquad (16)$$

cu care relatia (3) ia forma:

$$\varepsilon_i = \frac{3}{2}\frac{\bar{\varepsilon}}{\bar{\sigma}} S_i \qquad (17)$$

Aceasta relatie pune în sarcina experimentului sau teoriei aflarea relatiei functionale

$$\bar{\varepsilon} = f(\bar{\sigma}) \qquad (18)$$

care sa ofere coeficientul din relatia (17). Având în vedere echivalenta amintita între cazul uniaxial si triaxial, relatia (18) se scoate de obicei ca o curba experimentala în tractiune sau compresie uniaxiala.

Problema care se pune este urmatoarea: deoarece echivalenta mentionata este o ipoteza de lucru care îsi pune amprenta atât asupra criteriului de cedare von Mises cât si asupra identificarii curbei din relatia (18) cu cea experimentala, **poate exista vreo relatie teoretica apriori între cazul tractiunii uniaxiale si cel al solicitarilor triaxiale care sa valideze criteriul (14)**? În cele ce urmeaza se va arata ca exista o asemenea relatie din care reiese natural si limita de valabilitate a criteriului mentionat. Pentru aceasta se va face uz de teoria grupurilor continui masurabile, aplicând rezultatele geometriei integrale [2].

O CORELATIE ÎNTRE CAZUL UNIAXIAL SI TRIAXIAL

Prima problema ce intereseaza în rezolvarea problemei anterioare este selectarea unei variante "standard" a curbei experimentale $\varepsilon = f(\sigma)$. Pentru aceasta am selectat din multimea tuturor propunerilor pe cea a lui Bell [3] conform careia, în limita deformatiilor mari, curba experimentala este înfasuratoarea unei familii de parabole de forma:

$$\sigma_2 = a^2(\varepsilon - b) \qquad (19)$$

unde: **a** si **b** sunt constante ce pot fi determinate experimental, depinzând de temperatura si conditiile texturale ale materialului. În selectarea formei (19) s-a tinut seama de faptul ca ea este universala, în sensul ca este valabila pentru orice material indiferent de puritate, textura etc., si, de asemenea, este valabila pentru orice rata de solicitare mergând din domeniul fluajului pâna la undele de soc.

Daca se ia drept baza familia de parabole din ecuatia (19) este clar ca aceasta trebuie sa-si puna amprenta asupra unei eventuale geometrii a planului experimental (σ,ε). Se poate întemeia aceasta geometrie pe un grup parametric ce trebuie sa invarieze forma din relatia (19). Acest grup poate fi pus în evidenta cel mai bine în coordonate omogene ale planului (σ,ε), care se aleg sub forma:

$$\frac{x_1}{x} = \frac{x_2}{y} = \frac{x_3}{1} \qquad (20)$$

unde:

$$x = \varepsilon - b \qquad (21)$$

$$y = \frac{\sigma}{a}$$

caz în care ecuatia (19) devine:

$$x_2^2 - x_1 x_3 = 0 \qquad (22)$$

In aceasta situatie, conica din relatia (22) accepta parametrizarea canonica:

$$\frac{x_1}{t^2} = \frac{x_2}{t} = \frac{x_3}{1} \qquad (23)$$

unde: t este un parametru real, iar grupul sau de invarianta este grupul cu trei parametri generat de transformarea omografica a parametrului t. Daca se scrie aceasta transformare sub forma convenabila:

$$t' = \frac{t + \alpha_1}{1 - \alpha_2 - \alpha_3 t} \qquad (24)$$

ce pune în evidenta transformarea unitatii pentru $\alpha_1 = \alpha_2 = \alpha_3 = 0$, atunci prin relatia (23) rezulta urmatoarele relatii de transformare pentru x_1, x_2

$$x_1' = \frac{x_1 + 2\alpha_1 x_2 + \alpha_1^2}{\alpha_3^2 x_1 - 2\alpha_3(1-\alpha_2)x_2 + (1-\alpha_2)^2} \qquad (25)$$

$$x_2' = \frac{-\alpha_3 x_1 + (1-\alpha_2-\alpha_1\alpha_3)x_2 + \alpha_1(1-\alpha_2)}{\alpha_3^2 x_1 - 2\alpha_3(1-\alpha_2)x_2 + (1-\alpha_2)^2}$$

ceea ce pune în evidenta un grup continuu în doua variabile cu trei parametri. Algebra Lie este data de operatorii:

$$x_1 = 2y\frac{\partial}{\partial x} + \frac{\partial}{\partial y}$$

$$x_2 = 2x\frac{\partial}{\partial x} + y\frac{\partial}{\partial y} \qquad (26)$$

$$x_3 = 2xy\frac{\partial}{\partial x} + (2y^2 - x)\frac{\partial}{\partial y}$$

cu relatiile de comutare:

$$[x_1, x_2] = x_1$$
$$[x_2, x_3] = x_3 \qquad (27)$$
$$[x_3, x_1] = -2x_2$$

unde s-a avut în vedere coordonatele neomogene pentru a simplifica scrierea.

Asa cum este normal conicele din relatia (22) apar în aceasta situatie ca varietati invariante cu doi parametri ale grupului din relatia (26), si de aceea sunt invariante numai de primii doi operatori din relatia (26). Problema care se pune este sa se gaseasca nu familiile de varietati invariante cu doi parametri ci

triaxiala si comporta trei parametri: tensiunile principale, adica valorile proprii ale tensorului tensiunilor. Ramâne de rezolvat grupul de evolutie a tensiunilor care sa fie izomorfe cu grupul din relatia (26), iar un asemenea grup exista cu siguranta. Pentru a-l pune în evidenta se face observatia ca tensiunile principale sunt solutia ecuatiei seculare a matricei respective care se scrie sub forma:

$$\sigma^3 + 3a_1\sigma^2 + 3a_2\sigma + a_3 = 0 \qquad (28)$$

unde $3a_1, 3a_2, a_3$ sunt invariantii ortogonali ai matricii tensiunilor. Daca starea în tensiuni variaza de la $(\sigma 1, \sigma 2, \sigma 3)$ la $(\sigma 1', \sigma 2', \sigma 3')$ atunci o teorema de algebra [4] arata ca între ecuatiile seculare, ce au ca radacini valorile respective, are loc o legatura liniara generata de transformarea omografica

$$\sigma' = \frac{a\sigma + b}{c\sigma + d} \qquad (29)$$

ce da un grup cu trei parametri însa în trei variabile. Scriind radacinile curbei din relatia (28) sub forma lui Barbilian [5]:

$$\sigma_i = \frac{h + \varepsilon_i \bar{h} k}{1 + \varepsilon_i k} \qquad (30)$$

unde: $\varepsilon_i^3 = 1$, h, $\bar{h}$, sunt marimi conjugate complex una alteia, iar k este un factor complex unimodular, transformarea din relatia (29) induce asupra marimilor h, $\bar{h}$, k, transformarile reale:

$$h' = \frac{ah + b}{ch + d}$$

$$h' = \frac{a\bar{h} + b}{c\bar{h} + d} \qquad (31)$$

$$k' = \frac{c\bar{h} + d}{ch + d} k$$

ce formeaza un grup în trei variabile cu trei parametri [4], - grupul Barbilian.

Acest grup este simplu tranzitiv, cu generatorii infinitezimali dati de operatorii:

$$A_1 = \frac{\partial}{\partial h} + \frac{\partial}{\partial \bar{h}},$$

$$A_2 = h\frac{\partial}{\partial h} + \bar{h}\frac{\partial}{\partial \bar{h}} \qquad (32)$$

$$A_3 = h^2\frac{\partial}{\partial h} + \bar{h}^2\frac{\partial}{\partial \bar{h}} + (h - \bar{h})k\frac{\partial}{\partial k}$$

ce releva pentru algebra Lie asociata o structura identica cu cea data de relatiile (27). Deci, cele doua grupuri sunt izomorfe, operatorii (26) si (32) fiind realizari ale uneia si aceleeasi algebre (22). In plus, grupul (32), fiind simplu tranzitiv este sigur masurabil, masura sa elementara fiind data de 3-forma diferentiala:

$$\frac{dh \wedge d\bar{h} \wedge dk}{(h - \bar{h})^2 k} \qquad (33)$$

Problema care se pune este aceea de a gasi familiile de varietati invariante ale grupului (26) cu trei parametri, având asociat grupul (32) ca grup al parametrilor. In opinia autorilor aceste functii pot oferi raspuns problemei asupra corelatiei dintre înregistrarea uniaxiala a curbei tensiune-deformatie si tensiunile induse în material de solicitarea experimentala uniaxiala.

Aceste familii de varietati vor fi solutii ale ecuatiilor lui Stokes:

$$2y\frac{\partial f}{\partial x} + \frac{\partial f}{\partial y} + \frac{\partial f}{\partial h} + \frac{\partial f}{\partial \bar{h}} = 0$$

$$2x\frac{\partial f}{\partial x} + y\frac{\partial f}{\partial y} + h\frac{\partial f}{\partial h} + \bar{h}\frac{\partial f}{\partial \bar{h}} = 0 \qquad (34)$$

$$2xy\frac{\partial f}{\partial x} + (2y^2 - x)\frac{\partial f}{\partial y} + h^2\frac{\partial f}{\partial h} + \bar{h}^2\frac{\partial f}{\partial \bar{h}} +$$

$$+ (h - \bar{h})k\frac{\partial f}{\partial k} = 0$$

Acest sistem admite solutii de forma:

$$f(\alpha, k_0^2) = \text{const.} \qquad (35)$$

unde:

$$\alpha = \frac{\sqrt{x - y^2}(h - \bar{h})}{x - (h - \bar{h})y + h\bar{h}} \qquad (36)$$

$$k_0^2 = k^2\frac{x - 2y\bar{h} + \bar{h}^2}{x - 2yh + h^2}$$

Se observa ca ultima dintre aceste integrale este complexa unimodulara. In principiu, f poate fi orice functie continua si derivabila în variabilele sale. Nu se cunoaste deocamdata ce interpretare ar putea avea o solutie generala de tipul relatiei (35), însa se pot interpreta unele valori particulare ale integralelor din relatia (36). Astfel, daca solicitarea experimentala uniaxiala e monotona, atunci relatia (36) trebuie sa îndeplineasca conditia $y^2 = x$, ceea ce atrage dupa sine valoarea particulara $x = 0$. In acest caz, a doua relatie (36) da:

$$k_0 = k\frac{y - \bar{h}}{y - h}, \qquad (37)$$

din care se scoate y sub forma:

$$y = \frac{\bar{h}k - hk_0}{k - k_0}, \qquad (38)$$

Rezultatul obtinut în acest caz este important, în primul rând, prin aceea ca arata faptul ca y se identifica într-un caz particular cu una din valorile tensiunilor principale. Intr- adevar, daca se ia $k_0 = -1$, $-\varepsilon, -\varepsilon^2$ se reproduce situatia redata prin relatia (30). Prin urmare se poate aprecia ca în ambele cazuri particulare, tensiunea în solicitarea uniaxiala poate fi considerata ca una dintre valorile proprii ale tensiunilor interne. Dar relatia (38) arata mult mai mult, daca este scrisa pentru $k_0 = -1$.

$$y = \frac{h + \bar{h}k}{1 + k} \qquad (39)$$

si daca se exploateaza h, $\bar{h}$, k în functie de tensiunile principale, si daca se rezolva sistemul ecuatiilor (30) în raport cu h, $\bar{h}$, k se gasesc urmatoarele relatii:

$$h = -\frac{\sigma_2\sigma_3 + \varepsilon\sigma_3\sigma_1 + \varepsilon^2\sigma_1\sigma_2}{\sigma_1 + \varepsilon\sigma_2 + \varepsilon^2\sigma_3}, \qquad (40)$$

$$k = \frac{\sigma_1 + \varepsilon^2\sigma_2 + \varepsilon\sigma_3}{\sigma_1 + \varepsilon\sigma_2 + \varepsilon^2\sigma_3},$$

Acestea se pot pune în legatura cu parametrii cunoscuti anterior si anume:

$$k = -e^{3\xi i}$$

$$h = p + \frac{\bar{\sigma}}{\sqrt{3}}(\sin 3\xi - i\cos 3\xi) \qquad (41)$$

unde:

$$\tan \xi = \frac{2\sigma_1 - \sigma_2 - \sigma_3}{\sqrt{3}(\sigma_2 - \sigma_3)}, \qquad (42)$$

iar p si σ sunt date de relatiile (10) si (13). Marimea din relatia (42) este cunoscutul parametru Lode-Nadai al tensorului tensiunilor.

Daca se face uz de relatia (41) în relatia (39), se obtine:

$$y = p + \bar{\sigma} \sin \xi \qquad (43)$$

relatie care, în cazul în care nu exista solicitare hidrostatica, se reduce la:

$$y = \sigma \sin \xi \qquad (44)$$

de unde rezulta ca tensiunea în solicitare monotona uniaxiala nu poate fi identificata cu marimea σ din relatia (13), decât daca solicitarile ortogonale directiei de tractiune sunt foarte apropiate una de cealalta. Intr-adevar, în acest caz, din relatia (42) rezulta $\tan\xi \to \infty$, si deci $\sin \xi \approx 1$. Prin urmare, criteriul von Mises relatia (14) este conditionat de aceasta. Deci raspunsul la întrebare subliniat în paragraful anterior este afirmativ: tensiunea uniaxiala poate fi identificata cu marimea σ.

CONCLUZII

1. Criteriul de cedare **von Mises** este important în mai multe privinte: parabole experimentale speciale în tractiune si specificitatea curbei de tractiune - relatia lui Bell. Este de asteptat ca acest criteriu sa nu mai fie satisfacut în compresie.

2. Limitându-se numai la relatia lui **Bell** ca universala, criteriul de cedare al lui von Mises înca este important, prin alegerea lui k_0. Prin aceasta marime se pot introduce, de exemplu, starea initiala în deformatii, ceea ce ar putea justifica un criteriu de tipul **Hill** sau mai general.

3. În cazul solicitarilor ciclice, care ies din curba monotona de solicitare, în mod sigur parametrul α este nenul si, prin urmare, este foarte important sa gasim o legatura functionala între el si k_0^2. In mod sigur legile constitutive ale acestui caz difera net fata de cele din solicitarea monotona, iar metoda propusa aici deschide o cale pentru a elucida punctele de interventie pentru a obtine o anumita lege constitutiva.

BIBLIOGRAFIE

[1] **Novojilov V.**: *Prikladnaya Matematik i Mehanica.* Ed. Mir, Moscova, vol.15, 1952

[2] **Stokes M.**: Geometrie Integrala. Editura Academiei, Bucuresti, 1967

[3] **Bell J.F.**: *The Physics of Large Deformation of Crystallique Solids. Ed. Springer Verlag, Viena. vol.14, 1987*

[4] **Burnside W.S.**: The Theory of Equations, Ed.Constable, Dover, 1960

[5] **Barbilian D.** : Opera Matematica. Editura Didactica si Pedagogica, vol.I, p.286, Bucuresti, 1967

[6] **Dragan I.**: *Tehnologia deformarilor plastice.* Editura Didactica si Pedagogica, Bucuresti, 1981

REVISTA REVISTELOR

Katz, L.N.

Directiile de perspectiva ale dezvoltarii productiei de otel în Rusia

In: Stal, Federatia Rusa, 1992, nr.11, p.32-34

Se prezinta analiza structurilor existente ale productiei de otel pe plan mondial si estimarea volumului posibil de otel electric care se va elabora în Rusia: 55-53% otel de convertizor, 22-25% otel electric, 20% otel Martin.

Acest raport poate fi schimbat în cazul modificarii resurselor de fier vechi.

CONDUCEREA COMPLEXA ASISTATA DE CALCULATOR A CUPTOARELOR ÎNCHISE CONTINUI INELARE DE COACERE A PRODUSELOR CARBONICE

Ing. Augustin Semenescu, sef lucrari, dr. ing. Iulian Oprescu, profesor,
dr. ing. Ioan Vârcolacu, profesor, dr. ing. Cezar Balescu, conferentiar, ing. Vasile Mirea, sef lucrari
Universitatea "Politehnica" Bucuresti

C.Z.: 621.783.2

Intr-o comunicare anterioara [1], autorii au prezentat schemele de conducere automata a cuptoarelor continui închise de coacere, semnalându-se dificultatea practica de realizare a schemelor de automatizare propuse ca urmare a deplasarii continue a camerelor în zona activa (camera de preîncalzire). Acest fapt impune centralizarea tuturor informatiilor primite de la toate camerele cuptorului si lansarea marimilor de comanda specifice fiecarei camere, lucru realizabil practic prin utilizarea unui calculator de proces.

Modelul matematic simplificat al cuptorului

Pentru a se asigura regimul stationar al cuptorului si realizarea diagramei de coacere este necesar ca volatilele degajate în camera (camerele) de degazare (distilare) sa arda lent si controlat. In regim stationar ce asigura repartitia programata a temperaturii de-a lungul zonei active a cuptorului (diagrama de coacere) si vitezele de încalzire în fiecare camera. Arderea brusca, necontrolata a volatilelor constituie o marime de perturbatie care aduce cuptorul în regim tranzitoriu.

Submodelul de conducere a arderii dirijate a volatilelor

In vederea arderii dirijate a volatilelor este necesar ca gazele de ardere ce intra în camerele de distilare sa contina numai oxigenul minim necesar arderii volatilelor. Volumul de gaze de ardere care este aspirat prin camerele cuptorului este constant la depresiune constanta (neglijând aspiratia de aer fals), deci, în general, este functie de depresiune; el este suma volumelor de gaze de ardere rezultate din arderea combustibilului si a cocsului din materialul de împachetare, la care se adauga volumul de aer aspirat în exces pe la capatul cald al cuptorului. Ca urmare, dupa cum s-a aratat anterior, **continutul de oxigen în gazele de ardere este functie de depresiune si de debitul de combustibil.**

Rezulta ca pentru a se anula efectul perturbator al arderii volatilelor, trebuie sa se coreleze debitul de combustibil cu depresiunea la volatile care duc la un continut de oxigen în gazele de ardere egal cu cel minim necesar arderii volatilelor.

Generalizând elementele prezentate anterior, corelatia debit de combustibil - depresiune se stabileste pe model de ardere dirijata a volatilelor, dupa cum se arata în cele ce urmeaza.

1 - debitul de gaze de ardere rezultat din arderea cocsului din materialul de împachetare este:

$$Q_{gK} = \frac{K_a \cdot m_k}{t_p} \cdot v_K \text{ , Nm}^3\text{/h} \qquad (6)$$

în care:

K_a este proportia de cocs care arde ($K_a < 1$);

m_K - masa cocsului dintr-o camera, kg;

v_k - volumul specific de gaze rezultat din arderea cocsului, Nm^3/kg;

t_p - durata de stationare a camerei pe o portiune oarecareP_i, h;

2 - debitul de gaze de ardere rezultat din arderea combustibilului este:

$$Q_{gc} = Q_c \cdot v_c \text{ , Nm}^3\text{/h} \qquad (7)$$

în care:

Q_c este debitul de combustibil, Nm^3/h;

v_c - volumul specific de gaze de ardere rezultat din arderea combustibilului, Nm^3/Nm^3

3 - debitul de gaze de ardere ce intra în camera P_i în distilare la depresiune Δ_p este:

- din relatia generala a acestui debit

$$Q_{gi\Delta p} = Q_{gc} + Q_{gK} + Q_{aei\Delta p} = Q_c \cdot v_c + Q_{gK} + Q_{aei\Delta p} \qquad (8)$$

în care:

$Q_{aei\Delta p}$ este debitul de aer umed în exces în camera P_i la depresiunea Δ_p;

- si din expresia continutului de oxigen în gazele de ardere:

$$[O_2]_{gisp} = \frac{\frac{[O_2]_a}{1{,}016} \cdot Q_{aei\Delta p}}{Q_{aei\Delta p} + Q_{gc} + Q_{gK}}, \quad \% \qquad (9)$$

în care:

$[O_2]_a$ este continutul de oxigen în aerul atmosferic, %,

1,0 16 - pentru aerul cu umiditate 0,01 kg/kg

- rezulta:

$$Q_{aci\Delta p} = \frac{1{,}016[O_2]_{gi\Delta p}}{[O_2]_a - 1{,}016[O_2]_{gi\Delta p}} \cdot (Q_a \cdot v_c - Q_{gK}), Nm^3/h \quad (10)$$

- si se obtine în final:

$$Q_{gi\Delta p} = (Q_c \cdot v_c + Q_{gK}) \cdot x\left(1 + \frac{1{,}016[O_2]_{gi\Delta p}}{[O_2]_a - 1{,}016[O_2]_{gi\Delta p}}\right), Nm^3/h \quad (11)$$

4 - tinând seama ca la depresiunea Δ_p = ct, indiferent de valoarea debitului de combustibil Q_c, $Q_{gi\Delta p}$ = ct (relatia 8)si de faptul ca relatia generala de variatie a debitului cu depresiunea este:

$$Q_{gi} = ct \cdot \sqrt{\Delta p} = ct \cdot \Delta_p^{0,5} \quad (12)$$

rezulta:

$$\frac{Q_{gi_m}}{Q_{gi_n}} = \left(\frac{\Delta p_m}{\Delta p_m}\right)^{0,5} \quad (13)$$

sau:

$$Q_{gi_n} = Q_{g_m}\left(\frac{\Delta p_n}{\Delta p_m}\right)^{0,5} \quad (14)$$

în care:

Q_{gi_n}, Q_{gi_m} sunt debitele de gaze de ardere la depresiunile Δ_{p_n}, respectiv Δ_{p_m}.

5 - Înlocuind în relatia (14) relatia (8):

$$Q_{c_n} \cdot v_c + Q_{gK} + Q_{aci_n} =$$

$$= (Q_{c_m} \cdot v_c + Q_{gK} + Q_{aci_m}) \cdot \left(\frac{p_n}{p_m}\right)^{0,5} \quad (15)$$

si luând valorile m ca referinta si notând:

$$K_1 = Q_{c_m} \cdot v_c \quad (16)$$

$$K_2 = Q_{gK} + Q_{aci_m} = Q_{gK} + Q_{aci_n} \quad (17)$$

$$K_3 = \Delta_{p_m}^{0,5} \quad (18)$$

înlocuind relatiile (16, 17, 18) în (15), rezulta:

$$Q_{c_n} \cdot v_c + K_2 = (K_1 + K_2) \cdot \frac{\Delta p_n^{0,5}}{K_3} \quad (19)$$

de unde:

$$Q_c = (K_4 \cdot \Delta_p^{0,5} - K_2) \cdot \frac{1}{v_c} \quad (20)$$

în care s-a notat:

$$K_4 = \frac{K_1 + K_2}{K_3} \quad (21)$$

sau în final:

$$Q_c = K_5 \cdot \Delta_p^{0,5} - K_6 \quad (22)$$

în care s-a notat:

$$K_5 = \frac{K_4}{v_c} = \frac{K_1 + K_2}{K_3 \cdot v_c} \quad (23)$$

$$K_6 = \frac{K_2}{v_c} \quad (24)$$

6 - desfasurat scrisa, expresia modelului este:

$$Q_c = \frac{Q_{c_m} \cdot v_c + Q_{gK} + Q_{aci_m}}{\Delta_{p_m}^{0,5} \cdot v_c} \cdot \Delta_p^{0,5} - \frac{Q_{gK} + Q_{aci_m}}{v_c} \quad (25)$$

în care:

$$K_5 = \frac{Q_{c_m} \cdot V_c + Q_{gK} + Q_{aci_m}}{\Delta_{p_m}^{0,5} \cdot v_c} \quad (26)$$

$$K_6 = \frac{Q_{gK} + Q_{aci_m}}{v_c} \quad (27)$$

Modelul general (relatiile 22 sau 25) se poate particulariza în diverse cazuri. Astfel, pentru cuptoarele din tara noastra care în prezent utilizeaza drept combustibil gazul de sonda si ca material de împachetari, cocsul metalurgic, rezulta:

¤ *debitul de gaze de ardere rezultate din arderea cocsului: pentru v_K = 7,794 Nm^3/kg si K_a = 0,05 (ardere 5%):*

$$Q_{gK} = 0{,}05 \cdot 7{,}794 \cdot \frac{m_K}{t_p} = 0{,}3897 \cdot \frac{m_K}{t_p}, Nm^3/h \quad (28)$$

¤ *debitul de gaze de ardere rezultate din arderea gazului de sonda: pentru v_c = 12,034 Nm^3/Nm^3:*

$$Q_{gc} = 12{,}034 \cdot Q_c, Nm^3/h \quad (29)$$

¤ *în aceste conditii, debitul de aer în exces este:*

$$Q_{aci_{ap}} = \frac{1{,}016 \cdot [O_2]_{gi\Delta p}}{O_2]_a - 1{,}016 \cdot [O_2]_{gi_{ap}}} \cdot (12{,}034 \cdot Q_c + 0{,}3897 \cdot \frac{m_K}{t_p}), \quad Nm^3/h \quad (30)$$

Constantele modelului sunt:

$$K_1 = 12{,}034 \cdot Q_{c_m} \quad (31)$$

$$K_2 = 0{,}3897 \cdot \frac{m_K}{t_p} + \frac{1{,}016 \cdot [O_2]_{gi_{ap}}}{[O_2]_a - 1{,}016 \cdot [O_2]_{gi\Delta p}} \cdot (12{,}034 Q_{c_m} + 0{,}3897 \cdot \frac{m_K}{t_p}) \quad (32)$$

$$K_3 = \Delta p_m^{0,5} \quad (33)$$

$$K_4 = \frac{12{,}034 \cdot Q_{cm} + K_2}{\Delta_{p_m}^{0,5}} \quad (34)$$

$$K_5 = \frac{12{,}034 \cdot Q_{cm} + K_2}{12{,}034 \cdot \Delta_{p_m}^{0,5}} = \frac{Q_{cm}}{K_3} + 12{,}034 \cdot \frac{K_2}{\Delta_{p_m}^{0,5}} \quad (35)$$

$$K_6 = \frac{K_2}{12{,}034} \quad (36)$$

si desfasurat:

$$K_5 = \frac{12{,}034 Q_{cm} + 0{,}389 \frac{m_k}{t_p} + \frac{1{,}016[O_2]_{gi\Delta p}}{[O_2]_a - 1{,}016[O_2]_{gi\Delta p}}}{12{,}034 \Delta_{p_m}^{0,5}} \cdot (12{,}034\, Q_{cm} + 0{,}3897 \frac{m_k}{t_p}) \quad (37)$$

Logica de calcul a modelului este:

1 - se calculeaza Q_{gK} cu relatia (6) în functie de m_K (tipul de incarcatura supusa coacerii) si de t_p (diagrama de coacere);

2 - se calculeaza $Q_{aci_m} = Q_{aci_n}$ cu relatia (10), cu $[O_2]_a$ = 21% si punând conditia $[O_2]_{gi\Delta p} \leq 6\%$;

3 - se calculeaza constanta K_6 cu relatia (38);

$$K_6 = \frac{0{,}3897\frac{m_k}{t_p} + \frac{1{,}016[O_2]_{gi}\Delta p}{[O_2]_a - 1{,}016[O_2]_{gi}\Delta p}(12{,}034Q_{cm} + 0{,}3897\frac{m_k}{t_p}}{12{,}034} \quad (38)$$

4 - se adopta valorile de referinta Q_{cm} si Δ_{pm};
5 - se calculeaza constanta K_5 cu relatia (37);
6 - se calculeaza modelul cu relatia (22).

Submodelul de conducere a regimului termic al cuptorului

La fiecare cinci minute se compara temperatura masurata în fiecare camera θ_{mi} cu temperatura prescrisa θ_{0i} (de pe diagrama de coacere), dupa cum se ilustreaza în figura 1.

Daca abaterea :

$$\Delta\theta_i = \theta_{0i} - \theta_{mi}, \ ^0C \quad (39)$$

depaseste $\pm$ 10^0C se modifica debitul de combustibil Q_c cu gradientul stabilit $\Delta\theta_c/\Delta\theta_i$ [$Nm^3/h/^0C$] si în mod corespunzator depresiunea Δp în vederea mentinerii corelatiei între cele doua variabile.

Se calculeaza si viteza de încalzire în fiecare camera:

$$v_{inc.i} = \frac{\theta_{t+\Delta t} - \theta_t}{\Delta_t}, \ ^0C/h \quad (40)$$

în care Δt = 5 min.,

si se compara cu viteza prescrisa de încalzire v_{oi} (de pe diagrama de coacere) ; daca abaterea relativa:

$$\Delta v_{inc.i} = \frac{v_{oi} - v_{inc.i}}{v_{oi}} \cdot 100, \ \% \quad (41)$$

depaseste $\pm$10%, se modifica de asemenea debitul de combustibil si în mod corespunzator depresiunea.

Submodelul de distributie a debitului de combustibil între rampele de arzatoare

Admitând trei rampe de arzatoare (fig. 2), debitul total de combustibil este:

$$Q_c = Q_{c1} + Q_{c2} + Q_{c3}, \ Nm^3/h \quad (42)$$

si trebuie sa fie corelat cu depresiunea prin submodelul de ardere dirijata a volatilelor.

Debitul Q_{c1} este utilizat ca marime de executie pentru realizarea în camera F a temperaturii de palier Q_p de pe diagrama de coacere. Admitând un raport constant permanent:

$$\frac{Q_{c2}}{Q_{c3}} = K \quad (43)$$

rezulta în final ecuatiile:

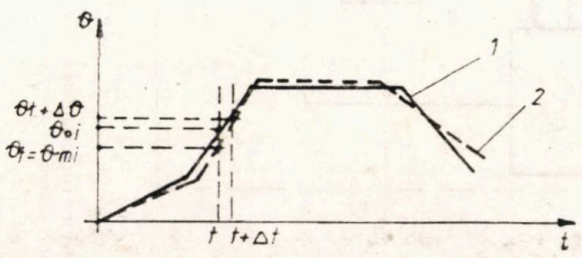
$$Q_{c1} = f(\theta_p) \quad (44)$$

$$Q_{c2} = \frac{K}{K+1}(Q_c - Q_{c1}) \quad (45)$$

$$Q_{c3} = \frac{K}{K+1}(Q_c - Q_{c1}) \quad (46)$$

Schema de conducere complexa a cuptorului

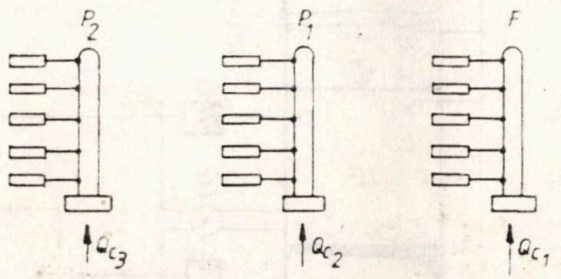
Aceasta schema este prezentata în figura 3. Subansamblul RRT conduce regimul termic al cuptorului conform submodelului de conducere a regimului termic al cuptorului, asigurând realizarea diagramei de coacere si implicit a vitezelor de încalzire prescrise în fiecare camera. El primeste temperaturile Q_{mi}



1 - temperatura prescrisă
2 - temperatura măsurată

Fig. 1

Diagrama de coacere: 1 - temperatura prescrisa; 2 - temperatura reala (masurata)
Baking diagram: 1 - prescribed temperature; 2 - actual (measured) temperature



F - camera la palier de temperatură
P_1, P_2 - camere în preîncalzire

Fig. 2

Distributia combustibilului pe rampele de arzatoare
Fuel distribution on burner platforms

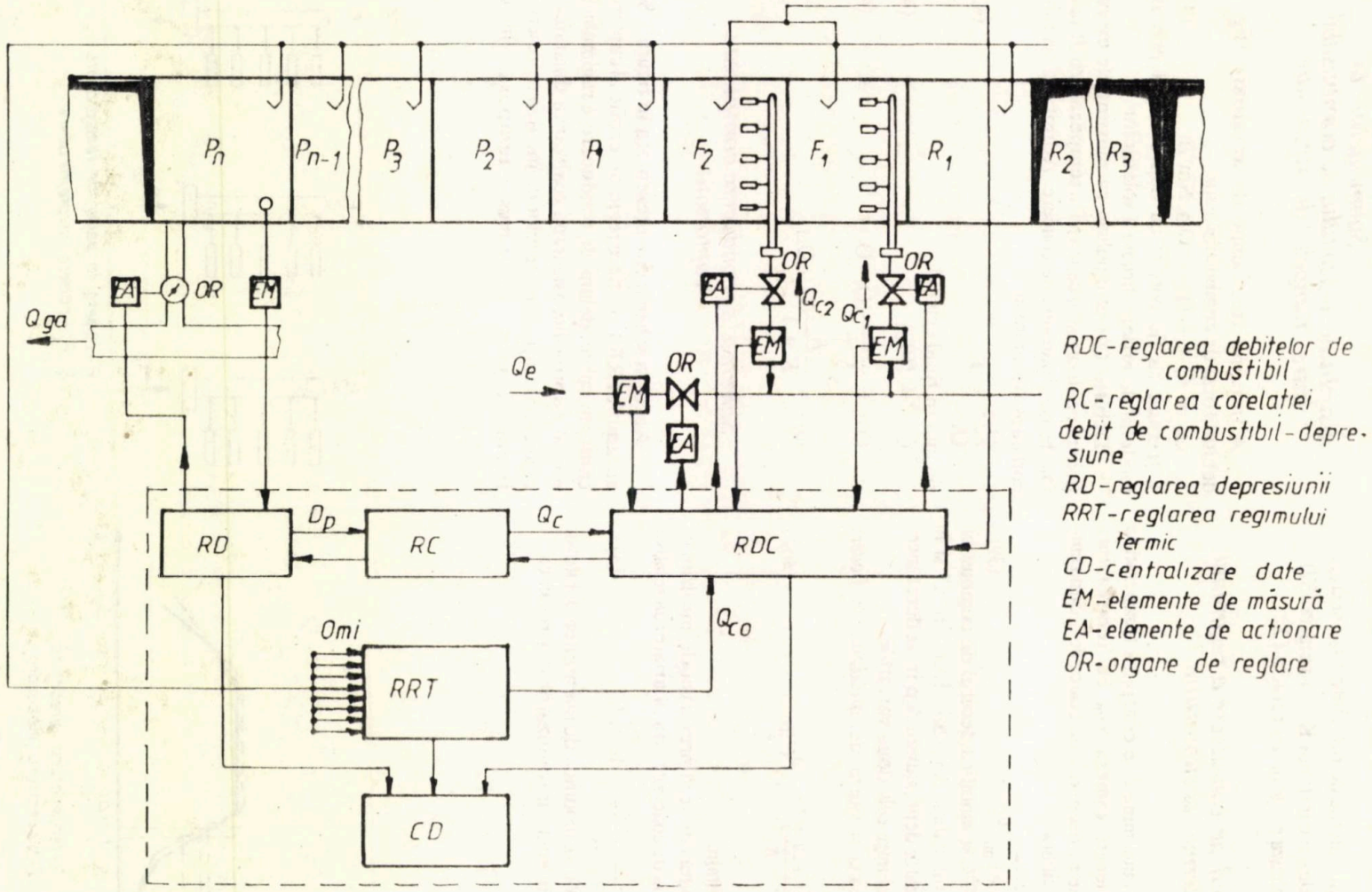


FIG. 3

Fig. 3

Schema de conducere cu calculator a cuptorului de co[illegible] continuu inelar cucapace

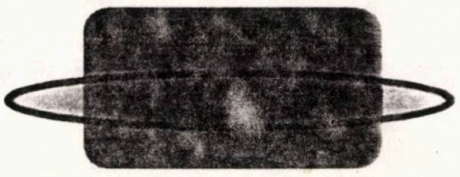
Computer control diagrams for continuous baking ri[illegible]s with end covers

fiecare camera. El primeste temperaturile Q_{mi} masurate în fiecare camera si stabileste valoarea de referinta Q_{co} a debitului total de combustibil.

Acesta este reglat de subansamblul RCC, care regleaza si debitul Q_{c1} pentru mentinerea palierului de temperatura în camera F_1, precum si debitul Q_{c2} (si eventual Q_{c3}) conform submodelului de distributie a debitului de combustibil între rampele de arzatoare.

Subansamblul RD regleaza depresiunea în cuptor. Subansamblul RC, pe baza submodelului de conducere a arderii dirijate a volatilelor, realizeaza corelarea debitului total de combustibil Q_c cu depresiunea Δ_p, ale carei valori instantanee le primeste de la subansamblurile RD, respectiv RDC, comandând prin RD valoarea necesara a depresiunii Δ_p în vederea asigurarii arderii dirijate a volatilelor în camerele de distilare deci a stabilitatii diagramei de coacere.

Valorile masurate la interval de 5 minute ale tuturor variabilelor cuptorului sunt centralizate în subansamblul CD.



Concluzii

Modelul matematic si schema de conducere pe calculator a procesului de coacere a produselor carbonice în cuptoarele continui inelare închise încorporeaza urmatoarele cerinte tehnico - logice majore:

- *respecta regimul de încalzire impus în conditiile asigurarii unei degajari si combustii controlate a volatilelor pe baza corelatiei între presiunea masurata si debitul total de combustibil ($B = f(\Delta p)$);*
- *controlul continuu al nivelelor si gradientilor de temperatura în camerele cuptorului;*
- *controlul continuu al presiunii în prima camera în preîncalzire a cuptorului;*
- *distributia rationala a debitului de combustibil pe rampele de arzatoare;*

care duc la o mai buna calitate a electrozilor si o mare omogenitate a acestora, eliminându-se astfel interventia operatorului uman.

BIBLIOGRAFIE

[1] **Semenescu A., Oprescu I., Vârcolacu I., Balescu C., Mirea V.** : *Tendinte actuale în modernizarea instalatiilor de coacere a produselor carbonice.* In Metalurgia nr. 3-4, 1994, p.34

REVISTA REVISTELOR

Solomadina, E. s.a.

Tratamentul termomecanic al burlanelor pentru tevile petroliere la uzina de tevi din Azerbaidjan

In **Stal**, Federatia Rusa, 1992, nr.11, p.70-72

Se prezinta utilajul liniei de tratament termic în afara cuptorului 250-2 de la U.T. Azerbaidjan pentru fabricarea burlanelor de înalta rezistenta pentru tevi dupa GOST 632-80, din otelurile 20 si 20H. Tevile se remarca prin precizie mare a dimensiunilor geometrice, rezistenta mare la frig si tensiune reziduala.

TOPIREA DESEURILOR LA ELABORAREA ALIAJELOR NEFEROASE SECUNDARE

Dr. ing. Moldovan Petru, profesor, dr.ing. Chira Ion, conferentiar,
ing. Marginean Ioan, sef lucrari, ing. Pana Mihaela
Universitatea "Politehnica" Bucuresti

C.Z.: 669.28018

In cazul elaborarii aliajelor neferoase din deseuri, procesele metalurgice (oxidarea, evaporarea, absorbtia) depind de suprafata specifica a baii, respectiv de raportul între suprafata transversala medie a creuzetului si cantitatea de topitura din cuptor; acest parametru variaza în limite largi si adoptarea unei anumite solutii se face si în functie de gradul de prelucrare al deseurilor în baia de sariare, productivitatea specifica pe care dorim sa o obtinem sau consumul specific de energie (tab.1 si 2).

Pentru aliajele de aluminiu sunt avantajoase cuptoarele electrice cu inductie care au o suprafata specifica mica (deci cu oxidari si gazari reduse) si productivitati mari; în cazul încarcaturilor necompacte, din material marunt (span, aschii, pulberi) sunt recomandate cuptoarele cu inductie la frecventa retelei (cu rest de topitura în creuzet de pâna la o treime din capacitatea acestuia), care asigura deplasarea rapida spre partea inferioara a creuzetului acestor bucati marunte din material, includerea si dizolvarea lor în topitura, miscarea convectiva a straturilor de aliaj lichid, favorizând concomitent rafinarea, prin decantarea incluziunilor nemetalice solide si gazoase (fig.1).

In cazul încalzirii si topiturii inductive a metalelor si aliajelor neferoase, forta totala integrata care actioneaza asupra unitatii de volum, de topitura se datoreaza însumarii fortelor electrice, magnetice si de

Tabelul 1

Caracteristici ale cuptoarelor pentru elaborarea aliajelor de aluminiu
Al alloys making furnace features

Nr crt	Tipul cuptorului		Suprafata specifica, m^2/t	Productivitatea specifica, kg/m^2
1	Cuptor electric cu rezistenta	Basculant cu vatra (1...3t)	2	180
2		Stationar cu vatra (0.15...0.24t)	2.4	150
3	Cuptor cu vatra cu flacara (1...30t)		3.0...0.8	300...125
4	Cuptor cu inductie	Cu creuzet(~6t)	0.5	500
5		cu canal (6...16t)	0.28...0.24	510...580

Tabelul 2

Cuptoare cu canal pentru elaborarea cuprului si aliajelor sale, CuZn si CuSn.
Chanel furnaces for melting Cu and Cu - alloys (CuZn and CuSn)

Capacitatea cuptorului, kg	Putere instalata, kVA			Productia orara, t/h			Consum de energie, kWh/t		
	La elaborare								
	Cu	CuZn	CuSn	Cu	CuZn	CuSn	CuZn	CuSn	Cu
300	100	100	90	250	300	300	175	220	260
600	200	200	175	500	600	600			
1000	300	300	275	700	1000	850			
1500	400	450	450	1000	1500	1200	190	250	280
2500	525	550	550	1300	2000	1600			
3000	600	750	750	1500	2500	1800			

radiatie. Fortele mecanice în câmpul magnetic sunt exprimate prin relatia:

$$\vec{F}_{magn} = 10{,}2 \int [\vec{i} \bullet \vec{B}] \bullet \vec{ds}, \quad daN/cm^2, \qquad (1)$$

unde $\vec{i}$ este densitatea de curent, A/mm^2, $\vec{B}$ - inductia, Gs/cm^2 si $\vec{S}$ - grosimea, cm.

Intensitatea câmpului electric E este atât de scazuta la cuptorul cu inductie, încât $\vec{F}_{electr}$ poate fi neglijata; pentru materialele nemagnetice, cum este cazul majoritatii metalelor si aliajelor neferoase uzuale turnate, poate fi neglijat si termenul $\vec{F}_{magn}$.

Forta de radiatie Frad este:

$$\vec{F}_{rad} = \frac{31{,}6 \bullet \vec{P}_f}{\sqrt{\rho \bullet f}} \bullet 10^{-4} \ daN/cm^2, \qquad (2)$$

unde $\vec{P}_f$ este puterea superficiala, Kw/m^2,

ρ - rezistivitatea, $\Omega \bullet mm^2/m$ si

f - frecventa curentului , Hz.

In cazul cuptorului inductiv cu creuzet este predominanta forta de radiatie $\vec{F}_{rad}$, care pentru schema de calcul din figura 1,a creeaza presiunea specifica p egala cu:

$$p = \frac{31{,}6}{\sqrt{\rho \bullet f}} \bullet \frac{P_i}{\pi \bullet d \bullet l} \bullet 10^{-4}, \quad daN/cm^2, \qquad (3)$$

unde P_i este puterea inclusa, egala cu produsul $P_o \bullet \eta_{el}$.

Vectorul de forta este perpendicular amplasat pe suprafata formata din câmpul magnetic si electric, numai în zona centrala a inductorului, pe când la partile extreme apar si componente axiale (fig.1 b si c).

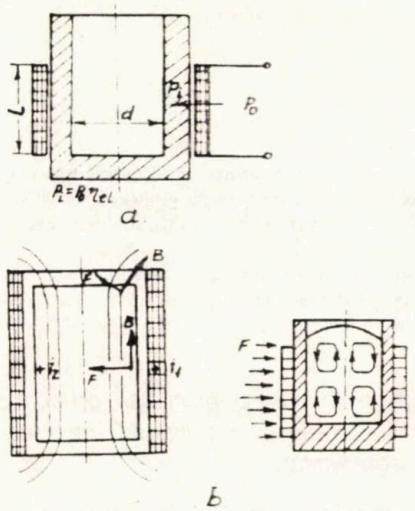


Fig. 1

Schema dispunerii fortelor în câmpul electromagnetic, la cuptoarele electrice cu inductie: a - scheme pentru calculul fortelor mecanice; b - dispunerea fortei (mecanice F), a inductiei B si curentilor (I_1 si I_2)

Electromagnetic forces in induction electric furnaces: a - diagram for the computation of mechanical forces; b - position of the mechanic, F force, induction (B) and currents (I_1 and I_2)

Topitura este atât de mult comprimata datorita efectului fortei radiale, încât valoarea presiunii statice $P = \gamma \bullet h$ egaleaza marimea presiunii specifice cauzate de forta de radiatie:

$$\gamma \bullet h = p \qquad (4)$$

rezulta:

$$h = p/\gamma = \frac{31{,}6}{\sqrt{\rho \bullet f}} \bullet \frac{P_i}{\pi \bullet d \bullet 1 \bullet \gamma} \bullet 10^{-4}, \ cm \qquad (5)$$

Tabelul 3

Dimensiunile încarcaturii solide pentru elaborarea optima în functie de frecventele cuptorului
Solid charge size for optimal melting depending on furnace frequency

Nr. crt.	Frecventa, Hz	Dimensiuni minime, mm
1	50	250
2	1000	40
3	2500	30
4	8000	15

Tabelul 4

Valorile coeficientului de penetratie (δ) la elaborarea Cu si Al în cuptoare cu inductie cu creuzet
Penetration factor (δ) values for Cu and Al melting in crucible induction furnaces

Caracteristici fizice		Coeficient de penetratie δ, mm			
		Al		Cu	
Temperatura, °C		20	600	20	1000
Rezistivitatea, $\rho \bullet 10^{-6}$, Ω m		2.9	11.3	2	10
Frecventa, Hz		12	24	9.5	23..5
		2.7	5.4	2.1	5.1
		1.7	3.4	1.34	3.3
		0.97	1.7	0.75	1.8
		0.21	0.42	0.16	0.39
Permeabilitatea magnetica, μ		1	1	1	1

Cuptorul cu inductie cu creuzet, fara miez de otel, spre deosebire de cuptoarele cu canal (utilizate preponderent pentru mentinere - dozare - turnare)

pot topi încarcatura solida atât într-o "zestre" de lichid (rest anterior), cât si pornind de la creuzetul complet gol. In cazul când încarcarea metalului solid se face în creuzetul gol, deseurile trebuie sa aiba anumite dimensiuni minime, rezultate din valoarea coeficientului de penetratie, derivat din "efectul peliculelor"; orientativ, în tabelul 3 sunt indicate dimensiunile minime ale încarcaturii solide în raport de frecventa cuptorului de topire. In tabelul 4 sunt mentionate valorile coeficientului de penetratie pentru cazul aluminiului si cuprului, în cazul utilizarii diferitelor frecvente ale curentului.

Functionarea cuptorului prin inductie cu creuzet este caracterizata printr-o miscare convectiva rotativa în planul vertical al baii metalice datorate fluxului magnetic redus si curentilor parazitari indusi. Acest "brasaj" realizeaza ridicarea metalului în centrul cuvei, de unde este împins radial spre periferia creuzetului si apoi coboara pe lânga peretii acestuia; în acest fel se obtine o omogenizare a baii, ca efect pozitiv, iar în cazul când agitarea este prea mare si lipsesc straturile lichide protectoare de fluxuri se pot produce oxidari- gazari si chiar arderea rapida a captuselii creuzetului sau erodarea, pe baza reactiilor chimice de reducere-dizolvare.

Intensitatea brasajului este evidentiata prin formarea unei calote convexe pe suprafata baii topite, a carei înaltime h fata de contur se exprima prin relatia:

$$h = k\frac{1}{\sqrt{f \cdot \gamma \cdot \rho}}, \text{ cm}; \qquad (6)$$

unde: f este frecventa, Hz; γ - greutatea specifica a topiturii, daN/dm^3; ρ - rezistivitatea topiturii, Ω mm^2/m si k - constanta în raport cu frecventa si metalul topit (k = 4 pentru cupru si f = 50 Hz).

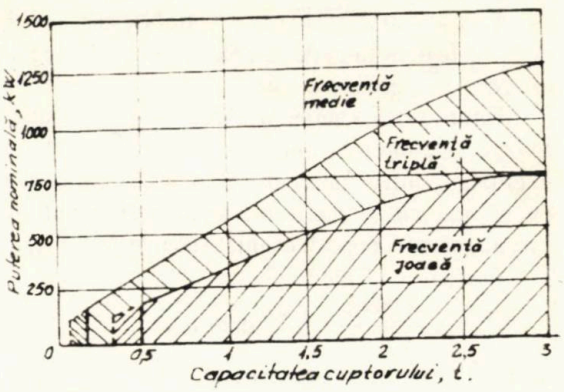
Brasajul poate fi micsorat prin reducerea puterii, respectiv scaderea tensiunii în secundarul transformatorului însa cu obtinerea unor productivitati mai mici, motiv pentru care, economic, se apeleaza la adaptarea unor frecvente mai ridicate.

In figura 2 se indica cumulativ domeniile de utilizare a diverselor categorii de frecvente industriale ale curentului, pentru cuptoare obisnuite cu capacitati între 0,5 si 3 tone, în raport de natura aliajului neferos topit, de unde rezulta si puterile maxime admisibile pentru metalele si aliajele neferoase grele de cupru (a) si cele usoare, de aluminiu (b).

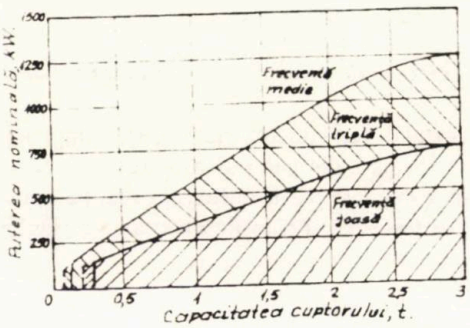
Domeniile indicate pentru fiecare frecventa asigura functionarea cu un brasaj redus; deci, pentru un cuptor de o anumita capacitate se impune o marire a productivitatii specifice, ceea ce evident necesita o putere mai mare; aceasta nu trebuie sa depaseasca limitele mentionate din aceasta diagrama.

Din practica industriala, ca reguli specifice pentru exploatarea cuptoarelor cu inductie cu creuzet, se pot retine urmatoarele:

- *puterea maxima indusa depinde în afara de constantele materialelor utilizate, de intensitatea admisibila a agitatiei baii, precum si de valorile curentului si tensiunii, care tehnic se pot regla limitat;*
- *marimea frecventei determina cresterea puterii specifice si scurtarea duratei de topire, dar puterea maxima indusa se micsoreaza.*



a



b

Fig. 2

Domeniu. de utilizare al frecventelor la diferitele tipuri de cuptoare cu inductie: a - cuptoare pentru elaborat metale si aliaje neferoase grele; b - cuptoare pentru elaborat aluminiu si aliajele de aluminiu

Frequency ranges for various induction furnace types: a - heavy nonferrous metals and alloys smelting furnaces; b - Al and Al alloys melting furnaces

Cuptorul cu inductie cu creuzet fara miez de otel se porneste de obicei cu încarcatura solida, din care cauza el se comporta ca o inductanta variabila; la început puterea absorbita este relativ mica, pâna începe sa se formeze o baie lichida, moment din care

puterea absorbita creste progresiv, pe masura ce se adauga bucati de metal, pâna la umplerea completa a cuvei. In aceasta perioada caracteristicile energetice ale cuptorului variaza continuu si, ca urmare, trebuie reglate tensiunea de alimentare în secundarul transformatorului, valoarea capacitatii condensatorilor si factorul de putere. In ultima faza de topire cuptorul functioneaza la o putere maxima, pâna se atinge temperatura necesara; dupa acest moment se trece pe o treapta de putere inferioara pentru a se asigura numai pierderile de energie în vederea mentinerii aliajului topit la temperatura constanta. In acest scop cuptoarele moderne se construiesc cu transformatoare cu 6 trepte de putere, pe treapta minima cuptorul consumând cca 25.....35% din puterea nominala.

Pentru a se obtine productivitati ridicate se recomanda ca la desarjarea cuptorului, în creuzet sa se lase un rest ("zestre") lichid, de ordinul 1/5.....1/3 din volumul total al acestuia, astfel ca puterea absorbita sa fie ridicata, iar adaugarea de deseuri solide sa fie facuta treptat, în portii mici, pentru a evita "înghetarea" brusca a baii.

Daca acest lucru se produce, atunci pentru topirea "podului" format se basculeaza usor creuzetul, astfel ca topitura existenta în partea inferioara a acestuia sa topeasca podul solid de la suprafata. De subliniat ca existenta baii permite încarcarea deseurilor marunte sub forma de span, aschii, material de mici dimensiuni în portii mici, dar introduse cu frecventa mare, care sunt înglobate, dizolvate si topite rapid fara sa necesite operatii preliminare de pregatire (balotare, brichetare, aglomerare).

In tabelul 5 sunt indicate cantitatile de caldura necesare topirii unitatii de masa de metal neferos, cu urmatoarele simplificari:

- $M_a = 1kg$
- $c_p = 1{,}1\ c_{ps}$;
- supraîncalzirea = 50^0C,
  respectiv, $T_{turn} = (Ttop + 50)^0C$

Analizând aceste date se retin urmatoarele consecinte tehnologice:

- Pentru toate metalele neferoase
  $Q_I > Q_{II} > Q_{III}$, unde:

$$Q_I = Ma \cdot c_{ps} \cdot (T_{top} - T_o),\ J, \quad (7)$$

$$Q_{II} = Ma \cdot L_{top},\ J, \quad (8)$$

$$Q_{III} = Ma \cdot c_{ps}\ (T_{turn} - T_{top}),\ J, \quad (9)$$

în care :

Ma - masa de aliaj topit;

c_{ps} si c_{pl} - calduri masice specifice (solid, lichid);

Tabelul 5

Cantitatile de caldura necesare pentru topirea si turnarea unor mase de 1 kg metale neferoase
Heat quantities needed to melt and cast 1 kg of nonferrous metal

Metalul	Caracteristici termofizice ale metalului					Cantitatea de caldura înmagazinata, Q			Caldura totala la turnare, J
	Cps, J/kg°C	Cpl = 1,1 Cps, J/kg°C	T_{top}, °C	Tturn = Ttop + 50, °C	L_{top}, J/kg	în stare solida, Q_I, J	La topire, Q_{II}, J	în stare lichida, Q_{III}, J	
Al	976	1073,6	659	709	387 500	643 184	387 500	53 680	1 084 364
Cu	385	423,5	1083	1133	204 400	416 955	204 400	21 175	642 530
Fe	477	524,7	1536	1586	271 300	732 672	271 300	26 235	1 030 207
Mg	1046	1150,6	649	699	361 100	678 854	361 100	57 530	1 097 484
Pb	129	141,9	327	377	23 800	42 183	23 800	7 095	73 078
Sn	227	249,7	232	282	93 400	52 644	53 400	12 485	158 549
Zn	387	425,1	420	470	104 100	162 540	104 100	21 255	287 895
Mn	481	529,1	1314	1364	266 100	632 034	266 100	26 455	924 589
Mo	255	280,5	2650	2700	217 400	675 750	217 400	14 025	907 175
Ni	439	482,9	1455	1505	310 000	633 745	301 000	24 145	963 390
Be	1779	1956,9	1280	1330	70 000	2 277 120	70 000	97 845	2 444 965
V	531	584,1	1857	1907	334 944	986 067	334 944	29 205	1 350 216
W	134	147,4	3400	3450	254 600	455 600	354 100	7 370	717 070

L_{tot} - caldura latenta de topire;
T_{top} - temperatura de topire;
T_o - temperatura ambianta;
T_{turn} - temperatura de turnare,
unde Q_I, Q_{II}, Q_{III} sunt cantitatile necesare de caldura pentru încalzirea încarcaturii metalice pâna la topire, pentru topirea propriu-zisa si pentru supraîncalzire. Rezulta necesitatea operatiei de preîncalzire a componentelor încarcaturii metalice pentru a obtine o utilizare rationala a consumului energetic la elaborarea neferoaselor, conditie cu atât mai utila în cazul folosirii unei cantitati mari de deseuri necompacte.

Aluminiul si magneziul, desi au temperaturi relativ scazute de topire, necesita cantitati substantiale de caldura la elaborare; se remarca ordinul de marime apropiat al necesarului de caldura pentru aliajele cu baza de fier si aluminiu sau mangan si molibden, desi aceste metale au temperaturi foarte diferite de topire.

Beriliu se utilizeaza pentru aliere si schimbarea naturii peliculei de oxid (pentru protectia baii contra oxidarii) numai sub forma de prealiaj si numai dupa supraîncalzirea baii. IN cazul utilizarii în încarcatura a deseurilor, adaosurile de beriliu pentru protectia contra oxidarii devin foarte utile.

La topirea deseurilor de aluminiu se comit frecvent urmatoarele greseli tehnologice:

1. - Topirea prea lenta a bucatilor mari, astfel încât faza "pastreaza" se mentine în sistem un timp prea îndelungat. In acest fel se produc cantitati apreciabile de oxizi de aluminiu si ai celorlalte elemente prezente, formând un amestec de oxizi greu separabili de baia lichida propriu-zisa; au loc pierderii nerecuperabile (oxidari, zgurificari) ridicate si segregari importante care afecteaza compozitia chimica medie initiala a deseurilor sortate la început. Aceasta faza pastoasa cu vâscozitate accentuata apare frecvent la agregatele de elaborare supraîncarcate, la care capacitatea specifica de topire nu este asigurata corespunzator printr-un debit suficient de combustibil (la cuptoarele cu flacara) sau energie electrica (la cuptoarele electrice, în special cele cu rezistoare si rezistente).

2. - Adaugarea de blocuri reci si deseuri de dimesiuni mari care nu sunt preîncalzite în baie, ceea ce duce la subraciri sensibile, locale ale topiturii, proces care în principal are drept consecinta segregarea intensa de compusi intermetalici, în special cristale solide de FeMn, cristale hexagonale de AlFeMnSi cu microduritati de 800.....1000 Hv, ce formeaza apoi puncte dure si scad intens prelucrabilitatea. Concomitent, se produc intense oxidari, amestecarea mecanica a zgurii, peliculei de oxizi si topiturii si o sensibila absorbtie de hidrogen.

3. - Deseurile de dimensiuni mici (span, aschii, pilitura, granule) se oxideaza intens în contact direct cu flacara si se topesc, topitura ramânând închisa, izolata de pelicula de oxid; recuperarea microvolumelor de topitura se realizeaza cu dificultate impunându-se o adunare mecanica a zgurii la suprafata baii cuptorului si o "presare" a ei de peretii creuzetului (cu ajutorul unor lingouri cu gauri, din otel, care impurifica baia cu fierul care solubilizeaza) pentru "spargerea" peliculei de oxid.

4. - Utilizarea creuzetelor cu scoarte si cruste de la topiri anterioare duce la formarea unor oxizi complecsi, cu microvolume cristalizate, dar si zone amorfe, extrem de dificil de colectat si de îndreptat: corund (Al_2O_3), periclaz (MgO), spinell ($MgAl_2O_4$), hidrat de oxid (OAlOH), oxid de zirconiu (ZrO_2) si cuart (SiO_2).

5. - Sunt folosite captuseli refractare inadecvate comportarii amfotere a topiturii de aluminiu, care intra în reactie cu baia; se produce o "demineralizare" a captuselii si pe lânga erodarea respectiva, produsele acestor reactii impurifica suplimentar topitura.

6. - Turnarea topiturilor de aluminiu trebuie facuta cu un jet continuu fara turbulenta, fara "spargerea" sau "întreruperea" lui, care sa duca la antrenarea în ferma de turnare a peliculei de oxid; aceeasi observatie ramâne valabila si la desarjarea sau transferul intermediar al topiturii.

7. - Se limiteaza supraîncalzirea topiturii la (limita de) 850^0C, temperatura peste care creste intens oxidarile si absorbtia de gaze.

REVISTA REVISTELOR

Tovarovskii, I.

Problemele economisirii cocsului în furnale si trecerii la topirea fara cocs a metalului

In: **Stal**, Federatia Rusa, 1992, nr.12, p.11-19

Se examineaza economisirea cocsului în furnale, care se realizeaza prin micsorarea necesarului de caldura al procedeului, introducerea în furnal a caldurii suplimentare si insuflarea agentilor reducatori combinati cu aer îmbogatit cu oxigen.

SOLUTII PRIVIND REDUCEREA CONSUMURILOR ENERGETICE LA CUPTOARELE DE ÎNCALZIRE ÎN VEDEREA LAMINARII PRIN REPROIECTAREA IZOLATIEI TERMICE

Ing. Dumitru Corneliu , Ing. Chirita Constantin - S. C. ICPPAM S. A.

C.Z.: 621.783.223.2

Generalitati privind procesul de încalzire si conditiile pe care trebuie sa le îndeplineasca integral un cuptor de încalzire în vederea laminarii pentru a functiona cât mai performant.

Dupa cum se cunoaste bine în cadrul sectoarelor calde, mari consumatoare de energie sunt cuptoarele si utilajele de tratament termic si de încalzire. In cele ce urmeaza ne vom referi numai la cuptoarele de încalzire în vederea laminarii.

Studiile si cercetarile întreprinse de câteva institute europene (unul din acestea este si Departamentul de studii si cercetari automatizate CERT din Franta) urmaresc o mai buna cunostere a proceselor termice globale ale cuptorului, astfel încât proiectarea noilor cuptoare sa raspunda celor mai înalte exigente. Aceste exigente sunt:

- Calitatea încalzirii. Cererea crescuta a produselor laminate de înalta calitate solicita ca semifabricatele ce alimenteaza laminorul sa aiba o stare termica perfect definita si constanta care sa duca la o respectare a tolerantelor oricât de mici ar fi. Contractiile de laminare, diferentele între temperaturile maxime si minime admise la iesirea din cuptor impun o analiza fina a procesului, fiind necesar un model matematic.

- Calitatea produsului ce urmeaza a fi laminat. In cursul încalzirii produsele sufera degradari (oxidari cu pierderi în cantitate si decarburari cu piederi în calitate), fenomene determinate de echilibrul fizico-chimic între combustibil si produse de încalzire, timpul de sedere al acestora în cuptor având consecinte importante. Se mentioneaza ca efectul decarburarii este considerat grav datorita faptului ca produsul poate fi declasat.

- Modul cum functioneaza cuptorul propriu-zis. Cuptoarele trebuie sa asigure un mers în regim static caracterizând fie produse de grosimi si calitati diferite, fie productii orare diferite.

Asociate acestor functionari în regim static, procesul trebuie sa asigure si functionari în regim dinamic (trecerea de la un regim static la altul, pornirile cuptorului dupa o stationare mai mult sau mai putin îndelungata).

In caz de stationare accidentala a laminorului, caldura din incinta nu trebuie sa deterioreze cantitativ si calitativ semifabricatele supuse încalzirii, dar în acelasi timp cuptorul trebuie sa fie pregatit pentru o eventuala repornire a fluxului tehnologic.

De aceea, cunoasterea cât mai completa a problemelor prezentate este un deziderat ce trebuie atins de fiecare specialist, iar realizarea acestora se poate obtine numai în colective multidisciplinare.

Aplicatia practica la cuptorul de 8 t/h de la S.C. "LAMINORUL" - S.A. Braila

Ca urmare a cererii beneficiarului S.C. "LAMINORUL" S.A. - Braila, S.C ICPPAM - S.A. Galati a efectuat un studiu de fezabilitate urmat de elaborarea detaliilor de executie pentru îmbunatatirea functionarii unui cuptor cu propulsie în contextul celor prezentateanterior. Acesta este utilizat la încalzirea materialelor în vederea laminarii profilelor mici si mijlocii (otel rotund, otel patrat, otel lat etc.) din oteluri carbon de calitate si oteluri aliate.

Analiza costurilor în situatia existenta

In vederea gasirii solutiei optime s-a trecut la identificarea factorilor asupra carora se poate interveni pentru a le elimina influenta negativa. Din analiza costurilor de productie s-a constatat ca o pondere importanta în structura acestora o au urmatoarele elemente:

a) Cheltuielile pentru resursele energetice consumate
- *cheltuielile cu gazul metan consumat în cuptor;*
- *cheltuielile cu energia electrica consumata aferenta cuptorului;*

b) Cheltuielile pentru reparatiile de gradul II.

Pentru acest indicator, tinând seama de tematica acestui articol, s-au luat în considerare numai cheltuielile privind materialul de înzidire. In acest sens s-au analizat:
- *cheltuielile pentru caramizile magnezitice necesare la încalzirea vetrei (cca.30% din zidarie se înlocuieste);*
- *cheltuieli pentru caramizile din samota si termoizolatoare necesare înzidirii peretilor laterali si a boltii (cca 30% din zidarie se înlocuieste).*

Solutia propusa

Prin solutia propusa se intentioneaza înlocuirea zidariei refractare cu o izolatie termica din fibra ceramica si vata minerala care va avea urmatoarele efecte:

- *reducerea consumurilor specifice de combustibil si energie electrica aferente cuptorului;*
- *marirea duratei dupa care este necesara efectuarea reparatiilor curente de gradul II;*
- *reducerea cheltuielilor necesare reparatiilor curente de gradul II, necesitând interventii pentru remedierea izolatiei din fibra ceramica si la zidaria vetrei;*
- *marirea duratei de functionare a cuptorului dupa care este necesara efectuarea reparatiei capitale de la 4 la aproximativ 6 ani;*
- *reducerea timpului de imobilizare a cuptorului pentru efectuarea reparatiilor capitale si curente datorita punerii mai usoare în opera a captuselii refractare.*

Utilizarea fibrei ceramice pentru izolarea termica a cuptorului are drept efect micsorarea pierderilor de caldura prin peretii laterali si bolta, ceea ce duce si la micsorarea cantitatii de caldura totale pierduta în procesul de încalzire a materialului.

Prin înlocuirea zidariei refractare cu izolatie din fibra ceramica, literatura de specialitate si listele de referinta ale diverselor firme producatoare considera ca pierderea de caldura prin izolatia termica se reduce cu 20%.

Reducerea consumului de gaz metan determina un necesar de aer de combustie mai mic ceea ce determina si un consum electric mai mic necesar alimentarii ventilatorului.

Cheltuielile pentru investitii

Efectele economice obtinute ca urmare a înlocuirii cu fibra ceramica se datoreaza economiilor de gaz metan, energie electrica iar prin prelungirea duratei de functionare se reduc din costurile fixe CIFU.

Se mentioneaza ca lucrarea se va executa cu ajutorul financiar al Agentiei Române de Conservare a Energiei care va suporta 30% din costul total al investitiei.

Din analiza indicatorilor tehnico-economici se releva o durata de recuperare bruta a investitiei în cca 1,3 ani, fapt remarcabil în conditiile unei modernizari cu cheltuieli minime.

Din cele prezentate anterior rezulta ca extinderea în tara noastra a utilizarii fibrelor ceramice în agregate termice va duce la reducerea considerabila a costurilor de productie si, în special, a celor datorate consumurilor energetice în actuala criza energetica.

REVISTA REVISTELOR

Proskurkin, E.s.a.

Perfectionarea procedeelor de zincare la cald si de aluminizare - zincare a tevilor

In: Stal, Federatia Rusa, 1992, nr.12, p.50-52

Se prezinta directiile de baza ale îmbunatatirii procedeului de zincare (aluminizare - zincare) si calitatii tevilor zincate: perfectionarea functionarii utilajului principal al instalatiei de zincare si de aluminizare-zincare, în primul rând al baii - cuptor, masinii de zincare, dispozitivelor pentru suflare; perfectionarea operatiilor tehnologice de pregatire a suprafetei; utilizarea de noi solutii pasivizate (mai putin toxice) sau de acoperiri cu polimeri; prelucrarea deseurilor (cenusii, aliajelor de zinc, zgurilor s.a.).

CERCETARI PRIVIND –POSIBILITATEA DE ÎNLOCUIRE A NICHELULUI CU NIOBIU ÎN OTELUL DESTINAT FABRICATIEI TABLELOR GROASE PENTRU CONSTRUCTII NAVALE

Dr. ing. Munteanu Viorel, dr. ing. Levcovici Dan T.,
ing. Oane Petre, ing. Badea Petruta **S.C. ICPPAM Galati S.A.**

C.Z.: 669 - 41

Avându-se în vedere oferta si preturile materiilor prime, în metalurgie se simte nevoia elaborarii unor marci de oteluri la care se face reducerea sau chiar înlocuirea unor elemente de aliere deficitare, cu altele mai usor accesibile care, prin efectul lor asupra proprietatilor mecanice, pot substitui o marca cu alta.

oteluri cu niobiu, s-au efectuat pe marca E36, destinata fabricatiei tablelor groase pentru constructii navale sudate. Conform STAS 8324-86, aceasta marca este utilizata în principal pentru elementele de structuri portante ale navelor fluviale si maritime.

Elaborarea si turnarea s-au efectuat pe o sarja

Tabelul 1

Numar sarja	Marca grosimea	Compozitia chimica, %							
		C	Mn	Si	P	S	Ni	Nb	Al
9311507	E36/10mm	0,15	1,40	0,31	0,030	0,021	--	0,033	0,026
Prescrip	E36	0,14	1,30	0,20	max.	max.	--	0,030	0,060
instruc	6 - 16 mm	0,18	1,50	0,50	0,030	0,030	-	0,050	0,060

Tabelul 2

Cod regim	Austenitizare	Mentinere	Racire
N1	880°C	2 min/mm	aer
N2	900°C	2 min/mm	aer
N3	920°C	2 min/mm	aer

Tabelul 3

Încercari mecanice						
Cod regim	Rm N/mm²	Re N/mm²	A5, %	Z, %	EnergiaKV (J)	
					T -40°C	L -40°C
N1	554	416	33	41	35	65
N2	550	410	36	51	34	49
N3	530	390	39	59	31	46
STAS 8324-86	490 - 620	min 355	min 21	-	min 24	min 34

În acest sens, cercetarile privind posibilitatea înlocuirii nichelului din compozitia chimica a unor

experimentala conform "Instructiunilor Tehnologice" prescrise. Sarja a avut compozitia chimica din tabelul 1, care s-a încadrat în limitele impuse de instructiuni.

Din aceasta sarja, dupa laminare, s-au prelevat probe care ulterior au fost supuse în laborator la regimuri termice mentionate în tabelul 2.

Rezultatele încercarilor mecanice, reprezentând media a trei valori pentru fiecare regim sunt date în tabelul 3.

Caracteristicile mecanice pentru toate variantele termice au valori superioare prescriptiilor STAS 8324-86, fiind astfel satisfacuti indicii de rezistenta, plasticitate si tenacitate.

Tinându-se seama de rezultatele bune obtinute în laborator pe întregul interval de temperatura 880 - - 920°C s-a considerat normalizarea la 900°C ca fiind optima pentru experimentari în regim industrial.

Pentru verificarea conditiilor la energia de rupere, au fost ridicate curba de tranzitie a energiei de rupere si curba de tranzitie a ponderii zonei fragile, în sectiunea de rupere a epruvetei, conform datelor din tabelul 4, pentru codul N2 (fig.1).

Încercarile la încovoiere prin soc s-au efectuat conform prevederilor STAS 1400-75, STAS 6833-79 si STAS 7511-81, iar rezultatele au fost exprimate prin valorile energiei de rupere KV (J) si ale extensiei în zona concentratorului, în %.

Tabelul 4

Cod	Tratament aplicat	Temp. de încerc., °C	Valori individuale, KV_L, (J)	Media	Extensia laterala	Pondere rupere fragila
N2	Normalizare la 900°C cu mentinere 2 min/mm	+20	115 - 115 - 100	110	8,7	13 %
		0	107 - 110 - 98	105	8,2	18 %
		- 20	69 - 75 - 77	73	7,0	30 %
		- 30	52 - 57 - 50	53	6,0	40 %
		- 40	53 - 42 - 52	49	4,7	53 %
		- 50	28 - 26 - 27	27	2,1	70 %
		- 60	15 - 12 - 13	13	1,0	90 %

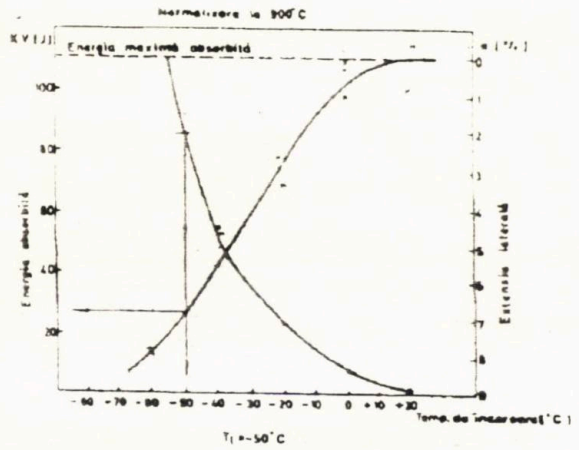


Fig. 1

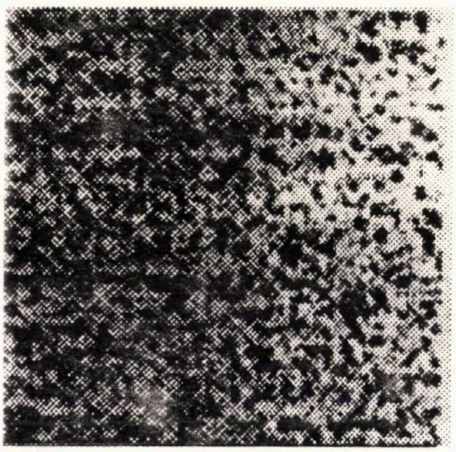


Fig. 3

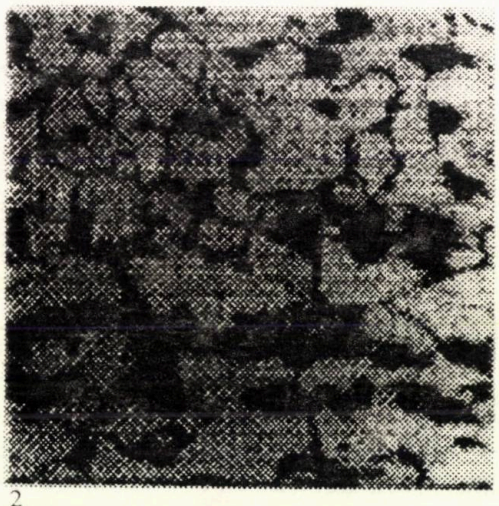


Fig. 2

Energia de rupere pe directia longitudinala la codul N2 are o variatie monoton crescatoare pe intregul interval $[-60,20]^0$C.

Analiza microstructurala a probei martor (stare laminata) dupa atacul cu reactivul nital 2% a scos în evidenta o structura de tip ferito-perlitic, neomogena, cu marimea grauntilor variind între punctajul 7 si 8 (fig.2). Normalizarea la 900^0C a dus la finisarea puternica a grauntilor si obtinerea unei structuri ferito-perlitice omogene, cu marimea de graunte 9-10 (fig.3). Analizele metalografice s-au efectuat conform STAS 5949-80 si STAS 7626-79. Pentru punerea în evidenta a tranzitiei de la ruperea ductila la cea fragila, pe epruvetele încercate la încovoiere prin soc s-a realizat microstructura din figura 4.

Din rezultatele obtinute la caracteristicile mecanice si metalografice ale otelului E36 cu niobiu si fara nichel se observa influenta pozitiva a microalierii cu niobiu care finiseaza puternic granulatia otelului, creste rezistenta si tenacitatea.

In conditiile concrete pe fluxul S.C. "SIDEX" S.A.Galati, la otelurile microaliate cu niobiu pentru obtinerea unui complex favorabil de proprietati s-au impus urmatoarele conditii:

- *La încalzirea sleburilor, în vederea laminarii în tabla groasa se vor utiliza temperaturi mai scazute (1180-1220^{0}C) tinându-se seama de limita solubilitatii precipitatelor de Nb (C,N) în austensita. Ramânerea nedizolvata a aces-*

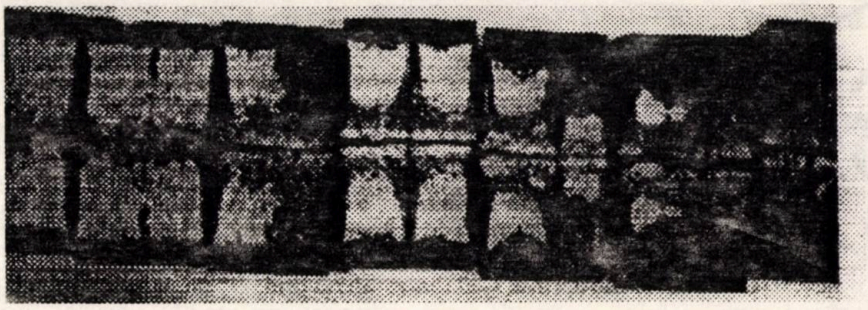


Fig. 4

tor precipitate inhiba cresterea granulatiei austenitice motiv pentru care dupa deformarea la cald se obtine un graunte feritic fin.

- *La laminarea sleburilor, pentru asigurarea structurii optime a tablelor, este necesara o reducere cumulata de 40-50% sub temperatura de 900°C.*
- *Temperatura de sfârsit de laminare sa fie cuprinsa între 820- 840°C, cât timp temperatura va fi mai scazuta, recristalizarea structurilor deformate va fi întârziata de precipitatele de carbon - nitruri de niobiu.*
- *Tratamentul termic de normalizare ulterior laminarii, se poate realiza la 890-900°C, tinându-se seama de rezultatele bune obtinute în laborator.*
- *Cercetarile s-au efectuat pe marca E36 si pentru marca E32. Experimentarile ulterioare în regim industral pe un numar de sapte sarje au confirmat rezultatele bune obtinute în laborator, ceea ce a permis omologarea tehnologiilor de fabricatie (elaborare-laminare-tratament termic) a tablelor groase din otel marca E36 destinate constructiilor navale sudate.*

BIBLIOGRAFIE

[1] **Harry Stuart**: Niobium Procedings of the International Symposium, 8-11 XI/1981, Pensilvania
[2] **G.Vermesan:** Indrumator pentru tratamente termice. Editura Dacia, Cluj-Napoca, 1987
[3] **G. Vermesan**: Dosar de omologare a tehnologiei de fabricatie a tablelor groase din otel marca E36 cu Nb si fara Ni

REVISTA REVISTELOR

Strelet, V. s.a.

Criteriile economice de redistribuire a sortimentului de laminoare de tabla groasa la reconstructia si modernizarea acestora

In: Stal, Federatia Rusa, 1992, nr.12, p.69-72

Se prezinta situatia actuala si perspectivele sortimentelor de tabla groasa în tarile din cadrul C.S.I., prin reconstructia si modernizarea laminoarelor de tabla groasa.

Novitkii, A. s.a.

Stabilirea eficientei sistemului de scoatere fara praf a cocsului

In: Koks i himiia, Federatia Rusa, 1992, nr.7, p.20-23

Se prezinta instalatia de scoatere fara praf a cocsului de la uzina cocsochimica Donetk: utilajele în componente, functionarea acesteia

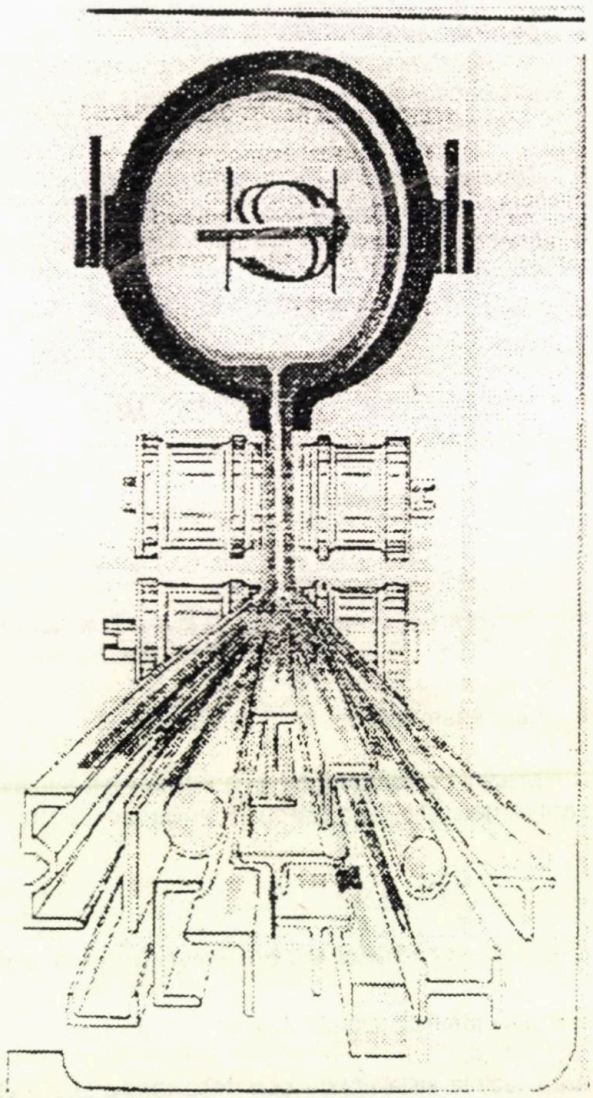
S. C. SIDERURGICA S.A.

HUNEDOARA

2750, HUNEDOARA
8, Constantin Bursan street
Telephone Exchange: +40/95/716121, 716131, 716521
General Manager: +40/95/712783
Commercial Manager: +40/95/712784
Telex: 72411 cbsid-r, 72412 cbsid-r
Telefax: +40/95/712266, 716008, 717650

MAKES

- **CONCRETE IRON** *(OB 37-type, to STAS 438/1-89), Ø6-40 mm in ST37-2 steel grade (DIN 17100/80)*
- **REINFORCING BARS** *(PC 52 and PC 60 types, to STAS 438/1-89), φ 10- 40 mm in 40 and 60 steel grades (ASTM A 615/80)*
- **WIRE ROD**, *φ 6mm (DIN 1013/63 I) and Ø8-12 mm (DIN 59100/62) in general use construction steel grades (ST 37-2 , ..., ST 52-3, DIN 1710080), commercial and nonalloyed steel (D 9-1 , ..., DN 12-2, DIN 17140/62)*
- **ROUND STEEL BARS**, *φ 14-180 mm (DIN 1013/76 I) in general use, costruction steel grades (ST 37-2 , ..., ST 60-2, DIN 17100/80) hardening and tempering steel grades (C 22, CK 60, DIN (17200/84) and case hardening steel grades (C 10, ..., CK 15, DIN 17210/80)*
- **SQUARE BAR STEEL** *with 40-70 mm sides (DIN 1017/78 I, para 4)*
- **T-SECTIONS** *with equal wings, rounded edges and 30-50 mm height, to DIN 1024/82 in general use, construction steel (ST 37-2, ..., ST 52-3, DIN 17100/80)*
- **FLAT ROLLED STEEL** *between 20x5 and 150x30 mm, to DIN 1017/67 I, para 4*
- **I-BEAMS (NARROW)**, *65-240 mm high, to DIN 1026/63, para 7*
- **U-BEAMS** *with rounded edges, 65-240 mm high, to DIN 1026/63, para 7*
- **ROUND EDGE EQUAL ANGLES STEEL** *with wings between 20 and 100 mm, to DIN 1028/76, para 7*



EASTEEL

SIDERURGICA ROMANA S. A.

PRIMA SOCIETATE MIXTA DIN INDUSTRIA METALURGICA ROMANEASCA

Societate pe actiuni româno-italiana producatoare de:

- profile UNP 140, 160 si 180;
- profile cornier cu aripi egale 140, 150 si 160;
- profile pentru sustineri galerii miniere SG 18 si SG 23;
- otel rotund calibrat 15 - 70 mm diametru;
- otel hexagonal calibrat H 17 - 55 mm;

otel lat otel cu profil 12 mm diametru (in colaci);
benzi laminate la cald 20 ... 100 mm x 3 ... 5 mm (in colaci);
benzi laminate la rece 20 ... 90 mm x 0,8 ... 3,5 mm (bobina);
table laminate la cald 1000 x 2000 x 1 ... 4 mm;

otel lat cu bulb pentru constructii navale 180 ... 340 mm;
table subtiri pentru ambutisare 512 x 712 x 0,22 ... 0,28 mm;
benzi subtiri in rulouri pentru ambutisare 575 mm x 0,22 ... 0,60 mm.
sina de tramvai ST 40.

Suntem bucurosi sa ne contactati la sediul nostru din:

OTELU - ROSU 1671

Str. Mihai Eminescu, nr. 10
Tel.: 096/530.297
530.520
530.610
Telex: 74715
Fax: 096/530.574

CIDMET

Central de Informare si Documentare pentru Metalurgie

Str. Mendeleev 21 - 25,
sector 1
70 168 BUCURESTI
tel. 659 49 90
fax: 3124278, 3124276

SIDEROM : CIDMET

editeaza o serie de publicatii care se transmit firmelor din domeniul metalurgiei si constructiilor de masini din România si din alte tari.

Produsele si tehnologiile, consultanta si asistenta tehnica oferite de firma dumneavoastra pot beneficia de publicitate în materialele periodice pe care le editam si difuzam, cum sunt:

- Revista Metalurgia
- Buletin de Informare Documentara
- Informatii din metalurgia mondiala
- Sumare din reviste straine de specialitate
- Noutati în siderurgie
- Indicatori tehnico-economici

CID

In cazul în care doriti sa va facem publicitate va rugam:
- sa ne transmiteti materialul pentru reclama în forma pe care o doriti (fotografii, diapozitive color, text, machete etc);

- sa transmiteti suma corespunzatoare publicarii reclamelor dorite la BCR SMB 30152020 1 Bucuresti

MET

Va stam la dispozitie pentru comunicarea tarifelor actuale

Sumare din revista est-vest
Diverse publicatii
Traduceri
Carti de vizita
Formularistica de birou

Metalurgia
Cataloage de produse
Prospecte
Buletin de informare documentara
Sinteze documentare
Indicatori tehnico-economici
Noutati din siderurgie
Informatii din siderurgia mondiala

CPPAM S. A.
Galati

Str. Smârdan nr. 2
Telefon: 036.44.25.48
Telex: 51299
Fax: 40 93 461238

ofera

Agentilor economici si persoanelor fizice

La preturi foarte avantajoase:

- *Studii, lucrari de cercetare stiintifica, dezvoltare tehnologica si proiectare, know - how, consulting si asistenta tehnica pentru:*

  - *tehnologii, procese si fluxuri pentru fabricatia cocsului, fontei, otelului si produselor laminate plate si lungi;*
  - *tehnologii si instalatii de acoperiri metalice si nemetalice a produselor plate, tevilor si profilelor prin inecare, electrolitic sau prin procedee neconventionale;*
  - *linii de proces pentru laminate plate si lungi;*
  - *modernizari si optimizari de instalatii si procese existente;*
  - *aspecte capitale si organizarea interfetelor [illegible] din uzinele metalurgice;*
  - *conducere, pilotaj si protectia mediului [illegible]*

- *Proiecte pentru constructii (industriale, civile, agrozootehnice), extinderi, modernizari, consolidari la cladiri existente pentru industria usoara, alimentara, agricultura si comert.*

- *Studii si lucrari de proiectare pentru obiective noi sau pentru modernizare si retehnologizare de:*

  - *instalatii de alimentare [illegible] de la sursa sa mina;*
  - *instalatii de automatizare, masura, control si reglare;*
  - *instalatii de automatizare [illegible] clasica sau conduse cu automate programabile;*
  - *instalatii de supraveghere, gestiune si conducere cu calculatorul pentru diverse procese si instalatii [illegible]*

- *Proiecte pentru instalatii de alimentare cu apa, fluide energetice (gaze naturale, oxigen etc.) de canalizare, incalzire, ventilatii pentru orice tip de instalatie industriala sau pentru cladiri de locuit sau social - culturale.*

- *Proiecte si avize pentru instalatii de ridicat si sub presiune, care necesita autorizare ISCIR.*

- *Expertize, lucrari de laborator si prestatii pentru:*

  - *determinari distructive sau nedistructive de caracteristici fizico - chimice, metalografice, mecanice, comportare la coroziune si difractometrie;*
  - *control defectoscopic prin metode nedistructive (ultrasunete, lichide penetrante, raze X) pentru a determina calitatea unor lucrari, cauzele unor avarii, oboseala materialelor, gradul de coroziune al constructiilor metalice;*
  - *testarea organelor de masini puternic solicitate;*
  - *tehnologii de reconditionare pentru diverse piese de schimb si scule.*

ROMANIA, BUCUREŞTI,
Str. Mendeleev, nr. 21—25,
Telefon 659.21 60; 659.40.90;
659.63.90; 312.04.47; 659.38.50
Telex: 11515, Fax: 312.04.46

CEA MAI MARE FIRMĂ ROMANEASCĂ DE COMERŢ EXTERIOR ÎN DOMENIUL METALELOR

METALEXPORTIMPORT S.A.

CALITATE, GARANŢIE, COMPETITIVITATE
PRIN

S.C. METALEXPORTIMPORT S.A.

METALEXPORTIMPORT exportă:

- tablă medie şi groasă, inclusiv tablă navală (hot rolled heavy plate, including shipbuilding plate);
- tablă subţire laminată la rece (cold rolled steel sheet);
- tablă zincată (galvanized steel sheet);
- tablă transformator (cold rolled-oriented grain silicon steel strip);
- profile oţel laminate la cald UNP, INP, corniere oţel rotund, pătrat, lat (hot rolled steel profiles-channels, joists, angles, round, flat bars);
- oţel beton şi sîrmă laminată (reinforcing steel bars and wire rod);
- sîrmă trasă din oţel (drawn steel wire);
- electrozi sudură (welding electrodes);
- cuie (nails);
- lanţuri industriale (industrial chains);
- cabluri metalice (wire ropes);
- sîrmă şi toroane beton precomprimat (steel wire for prestressed concrete and stress relieved steel wire strands);
- rund metalic (bare plated steel and its grades);
- sîrmă talpuri (bronze plated steel wire);
- ţevi radiator (profiles for pipes);
- burlane fontă (casing);
- ţevi sudate (welded pipes);
- lingouri aluminiu şi aliaje aluminiu (primary aluminium ingots and aluminium products);

METALEXPORTIMPORT importă:

- cocs (coke);
- cărbune cocsificabil (coaking coal);
- materiale refractare (refractory products);
- minereu de fier (iron ore);
- minereu de mangan (manganese ore);
- feroaliaje (ferroalloys);
- neferoase blocuri (nonferrous ingots);
- alte materii prime necesare industriei metalurgice (other raw materials for metallurgical industry).

METALEXPORTIMPORT S.A.

este oricînd la dispoziţia firmelor interesate pentru orice alte operaţii de export-import.

Pentru orice detalii, rugăm contactaţi-ne la adresa:

Bucureşti, Str. Mendeleev 21—25, Telex 11511 metal r

ORSZÁGOS MŰSZAKI INFORMÁCIÓS KÖZPONT ÉS KÖNYVTÁR 1883

S.C. SIDERURGICA S.A. HUNEDOARA

Societatea Comerciala "Siderurgica" S.A. Hunedoara produce si comercializeaza la preturi competitive urmatoarele produse:

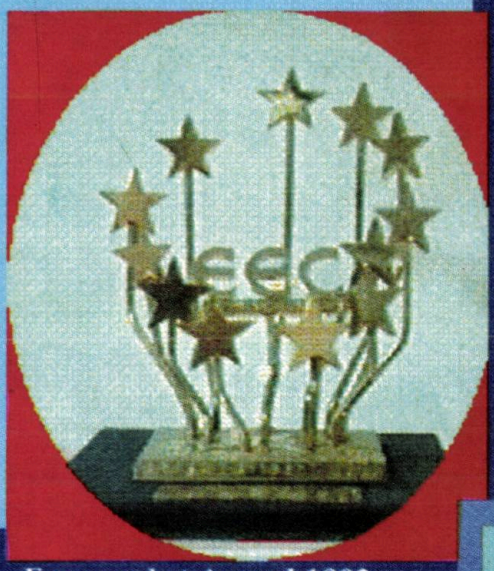
- tagle pentru tevi din otel carbon , slab aliat, aliat si inalt aliat (inoxidabil);
- blumuri si tagle din otel carbon, slab aliat, aliat si inalt aliat pentru constructia de masini;
- tagle din otel pentru rulmenti;
- profile fasonate I,U, cornier, T;
- profile pentru:
  - * senile de tractor si excavator ;
  - * brazdar de plug ;
  - * armatura de mina ;
  - * transportoare de mina ;
  - * aparate de cale ferata si sina ac ;
  - * traverse CF ;
- sirma pentru armaturi beton, tragatorii, cord metalic ;
- piese turnate si forjate ;
- utilaj pentru turnarea otelului (poduri, ingotiere, pilnii) ;
- coces metalurgic ;
- benzen, naftalina, smoala, sulf, toluen ;
- fonta de afinare si de turnatorie ;
- zgura granulata si vata de zgura ;
- calcar si var ;
- dolomita calcinata si sinterizata ;
- blocuri dolomitice ;

" Siderurgica" S.A. Hunedoara produces and commercialises at competitive prices the following products:

- * carbon, low-alloyed, alloyed and high alloyed steel billets for tubes (stainless steel) ;
- * carbon, low-alloyed, alloyed and high alloyed steel billets and blooms for machine building ;
- * steel billets for bearings ;
- * shaped sections, IPE-beams, channels, angles, T-sections ;
- * profiles for :
  - * tractor and excavator track shoes
  - * plough shares ;
  - * mine gallery supporting ;
  - * mine conveyors ;
  - * railroad accessories siding rail ;
- * wire for concrete reinforcements, for drawing, metallic cord ;
- * cast and forged pieces ;
- * equipment for steel casting (platforms, moulds, funnels) ;
- * metallurgical coke ;
- * benzene, naphthalene, tar, sulphur, toluene ;
- * refining and cast pig iron ;
- * granulated slag and slag wadding ;
- * lime and chalkstone ;
- * calcined and sintered dolomite ;
- * dolomitic blocks ;

THE LONG PRODUCTS LEADING COMPANY IN ROMAN

International
Leading Company
Award Madrid 1991



Euromarket Award 1992
European Market Research
Center

XXIII International Award
For Commercial Prestige
Madrid 1993

ou can contact us :
e puteti contacta :

8, Constantin Bursan Street
2750, HU NEDOARA
ROMANIA

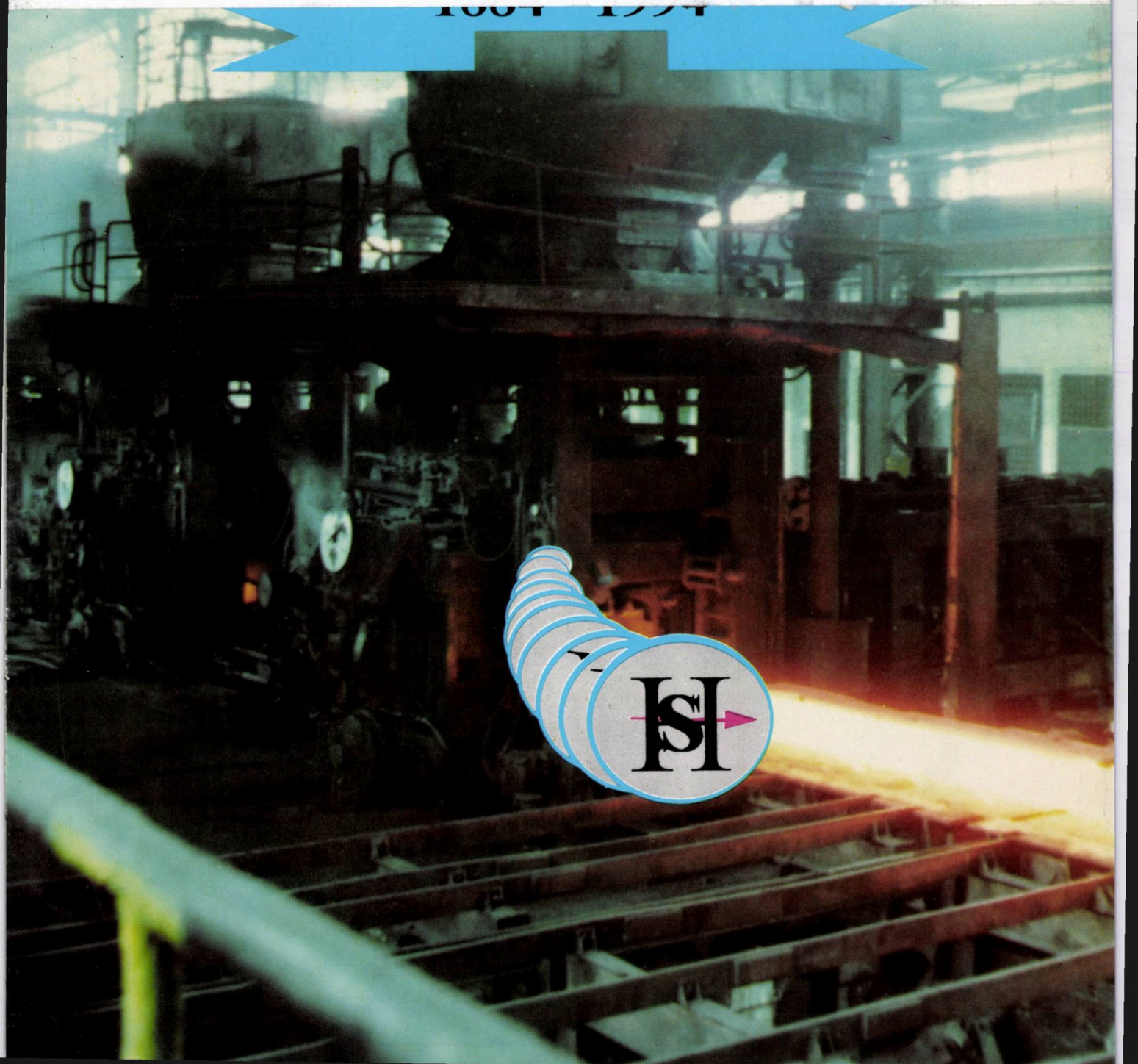
Telephone Exchange : +40/95/716121,716131,716521
General Manager : +40/95/712783
Comercial Manager : +40/95/712784
Telex : 72411 cbsid-r, 72412 cbsid-r
Telefax : +40/95/712266, 716008, 717650

METALURGIA

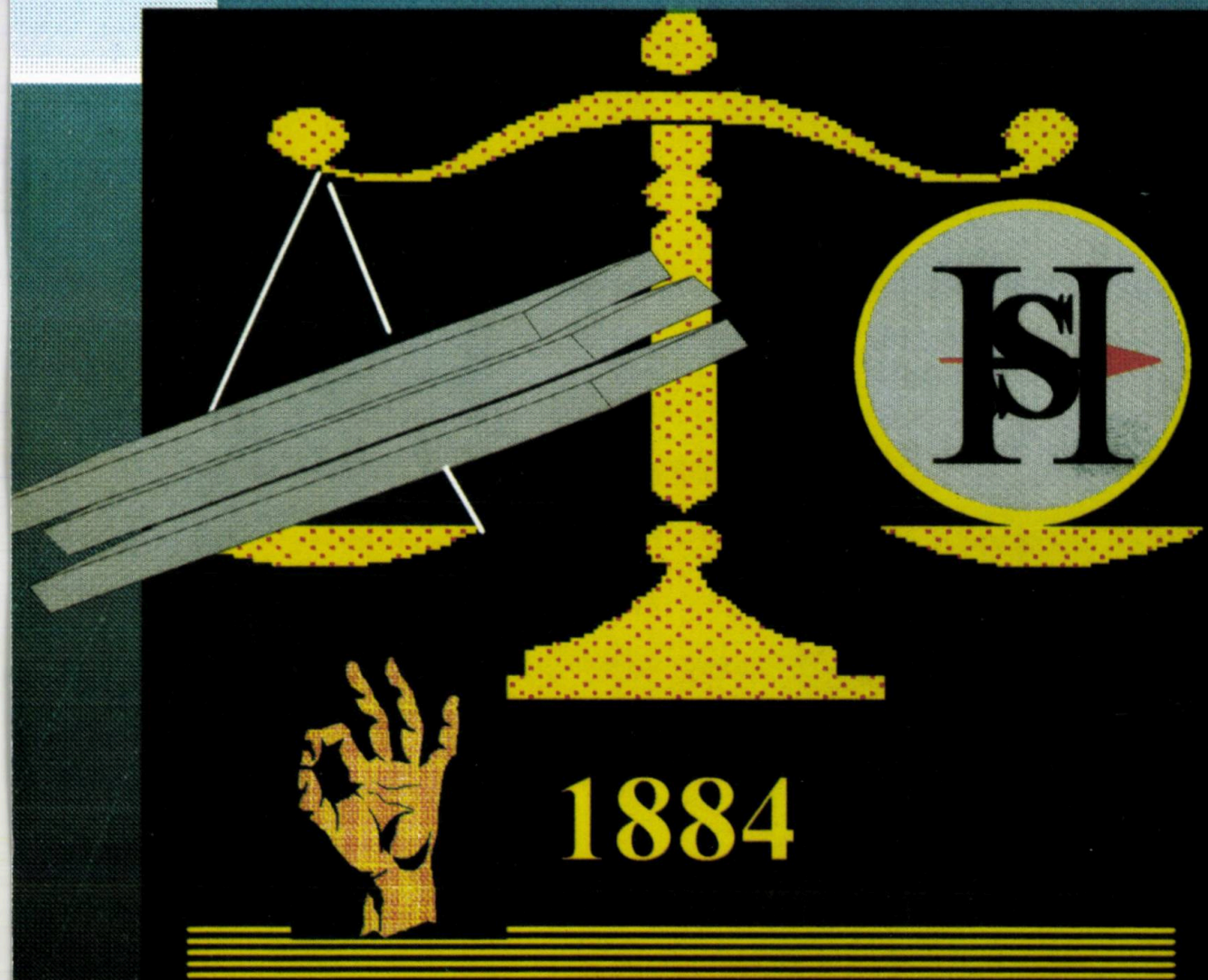
E 3280

ISSN 0461 - 9579

8/1994



THE WEIGHTY WORD
OF IRON & STEEL INDUSTRY



S.C. SIDERURGICA S.A.
HUNEDOARA

S.C. SIDERURGICA S.A. Hunedoara

ORSZÁGOS KÖZPONT MŰSZAKI INFORMÁCIÓS KÖNYVTÁR 1883

Societatea Comerciala "Siderurgica" S.A. Hunedoara *produce si comercializeaza la preturi competitive urmatoarele produse:*

- ** tagle pentru tevi din otel carbon, slab aliat, aliat si inalt aliat (inoxidabil);*
- ** blumuri si tagle din otel carbon, slab aliat, aliat si inalt aliat pentru constructia de masini;*
- ** tagle din otel pentru rulmenti;*
- ** profile forjate III, cornier, T;*
- ** profile pentru:*
  - *senile de tractor si excavator;*
  - *bracuri de plug;*
  - *armaturi de mina;*
  - *transportoare de mina;*
  - *suporate de cale ferata si sina ac;*
  - *traverse CF;*
- ** sârma pentru armaturi beton, tragatorii, cord metalic;*
- ** piese turnate si forjate;*
- ** utilaj pentru turnarea otelului (poduri, lingotiere, pâlnii);*
- ** cocs metalurgic;*
- ** benzen, naftalina, smoala, sulf, toluen;*
- ** fonta de afinare si de turnatorie;*
- ** zgura granulata si vata de zgura;*
- ** calcar si var;*
- ** dolomita calcinata si sinterizata;*
- ** blocuri dolomitice*

"Siderurgica" S.A. Hunedoara *produces and commercialises at competitive prices the following products:*

- ** carbon, low-alloyed, alloyed and high alloyed steel billets for tubes (stainless steel);*
- ** carbon, low-alloyed, alloyed and high alloyed steel billets and blooms for machine building;*
- ** steel billets for bearings;*
- ** shaped sections, IPE-beams, channels, angles, T-sections;*
- ** profiles for:*
  - *tractor and excavator track shoes;*
  - *plough shares;*
  - *mine gallery supporting;*
  - *mine conveyors;*
  - *railroad accessories siding rail;*
- ** wire for concrete reinforcements, for drawing, metallic cord;*
- ** cast and forged pieces;*
- ** equipment for steel casting (platforms, moulds, funnels);*
- ** metallurgical coke;*
- ** benzene, naphthalene, tar, sulphur, toluene;*
- ** refining and cast pig iron;*
- ** granulated slag and slag wadding;*
- ** lime and chalkstone;*
- ** calcined and sintered dolomite;*
- ** dolomitic blocks*

Sidex

Iron and Steel Complex of Galati

Manufactures and exports for you

Hot Rolled Flat Products

- Ordinary steel strips and plates for constructions
- Fine grained steel strips nad plates for welded constructions
- Atmospheric corrosion resistant steel strips and plates
- Shipbuilding steel plates
- High quality carbon steel strips and plates for machine building
- Steel plates for boilers and pressure vessels
- Steel strips and plates for cold bending and deep drawing
- Steel strips and plates for side bars and other parts with small bending radius
- Steel plates for mining equipment
- Stainless steel strips and plates and refractory steel for nuclear and aeronautical industry
- Steel strips and plates for automobile rims

Other Products

- Liquid and gas oxygen
- Liquid and gas nitrogen
- Liquid and gas argon
- Granulated blast-furnace slag
- Non-iron slag

Steel Semi-products

- Continuous cast or rolled slabs
- Continuous cast blooms
- Rolled billets

Cold Rolled Sheet

- Thin steel strips and sheets for cold formed shapes and welded pipes
- Sheets and strips for deep drawing
- Steel sheets and strips for car industry and ships

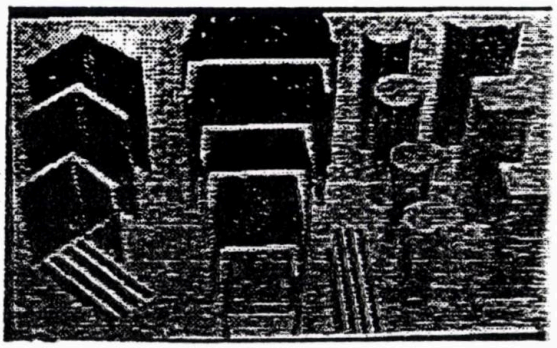
- Coke-chemical products
- Blast furnace coke
- Ferro-alloys coke
- Fine coke
- Coke-chemical ammonia sulphate
- Concentrated ammonia water
- Coal tar
- Technical ammonia
- Aromatic fractions
- Coke plant technic sulphur
- Pit coal tar
- Pit coal creosote for carbon black
- Coke-chemical absorption oil
- Phenolic fraction
- Crude anthracene
- Naphthalene
- Technical ferric sulphate
- Bitum

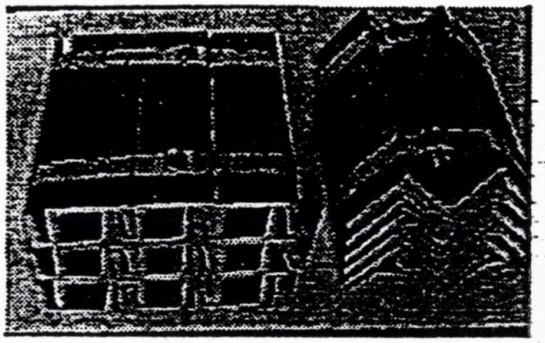
A life experience on the steel market and many friends in the steel bussines!

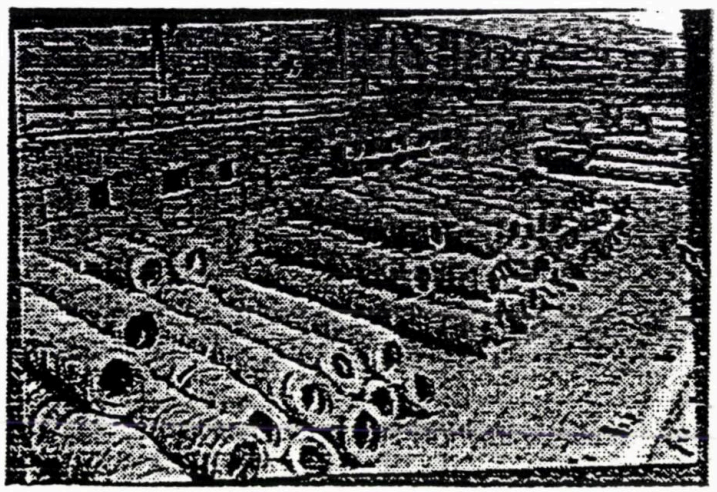
str. Siderurgistilor 1, Galati 6200, Tel:036 43.19.00, Telex 51 257

If you'd like to know more about us, please write, cal or fax:
B-dul Independentei no. 8, 5300 Focsani, Romania
Tel.: 53257
Telex: 53257
Fax: 093/913823

LAMINORUL S. A. Focsani, România, is a rolling mill established as a joint stock company. Equipped with modern plants, it makes high quality products to NID and/or Romanian standards.







It is specialized in medium size profiles, wire rod and concrete carbon steel. The gauges produced meet almost any standard specified by customers.

The chemical composition and mechanical properties of the rolled steel are controlled by its own specialized laboratories.

METALURGIA

REVISTA EDITATA DE "SIDEROM" S. A.

8 august 1994

Sumar

Florea Alexandru: **S. C. "SIDEX" S. A. Galati - Restructurare si modernizare** *5*

Bercea Mihai, Dia Vasile: **Implicatiile factorilor tehnologici de fabricatie asupra tensiunilor remanente din tevi sudate prin presiune longitudinal, electric.** *8*

Chelu Gheorghe, Ghiban Nicolae: **Cercetari privind curgerea materialului în timpul extrudarii barelor rotunde.** *15*

Soporan Vasile Filip: **Stadiul actual al modelarii prin metode numerice a procesului de solidificare a pieselor turnate.** *20*

Balescu Cezar: **Metoda de analiza a calitatii suprafetelor pieselor obtinute prin procesari metalurgice sau mecanice (I).** *24*

Vida - Simiti Ioan : **Tendinte si preocupari în domeniul elaborarii de noi materiale prin procedeele metalurgiei pulberilor.** *28*

Chitu Gheorghe: **Cercetari cu privire la influenta hidrogenului asupra calitatii otelului.** *34*

LiuY. C., Schissler J. M. , Munteanu Alexandru: **Cinetica transformarilor ce au loc în F g n bainitice pe durata revenirii la temperaturi între 360 si 420^{0}C.** *40*

Vasile Toma, Ciuca Sorin: **Consideratii privind formarea izoterma a carburilor la cementarea otelurilor slab aliate** *47*

Badea Teodora, Bejan Florin, Ciura Gabriela, Badea Florin: **Comportarea la pasivare si tendinta la coroziune intercristalina a otelurilor inoxidabile 304, 304L si 316** *53*

Revista revistelor. *7, 14, 19, 23, 27, 33, 39, 46*

Colegiul onorific de redactie

(în ordine alfabetica)

LUCIAN AMANCEI, VICTOR BERTALAN, ION CHIOSE, SORIN DIMITRIU, MIRCEA DOBRESCU, VICTOR GUIDEA DANILA, ALEXANDRU FLOREA, EMIL FLORIAN, LADISLAU FRUMOSU, RADU HANGA, PETRE IANC, GHEORGHE LEPADATU, STEFAN MARGINEANU, VIOREL MUNTEANU, ALEXANDRU STOENESCU, OLARU IOAN, MIHAELA PANA, VASILE PARPALA, CRISTIAN PIRVAN, CONSTANTIN POPESCU, BUJOR ROSCA, SILVIU SAMOILESCU, EUGEN SANDU, IOAN FLORENTIN SANDU, HORATIU VODA

Redactor responsabil: prof. dr. ing. I. VÂRCOLACU

Revizie tehnica: prof. dr. ing. I. VÂRCOLACU

Sef CIDMET: ing. Brândusa Florentina Scortea

Redactor: ing. Brândusa Florentina Scortea

Stilizare, corectura: Ioana Kuglay, Rodica Rosu

Tehnoredactare computerizata: Lidia Vereanu

Redactia si administratia: Bucuresti, str. Mendeleev, nr.21-25, sector 1, cod 70168, telefon 6594990

Institutiile pot achita abonamentele în contul nostru de viramент nr. 30 15 20 201 BCR-SMB. Costul unui exemplar: lei 1500

Traducere : ing. S. Florea

Alexandru Florea: SIDEX S.A. GALATI - **Restructuring and revamping**

Metalurgia 46(1994), nr. 8, p. 5

Mihai Bercea, Vasile Dia: **The influence of process parameters on residual stress in the longitudinally electric pressure welded pipes.**

The paper approaches the sequence of process parameters during the longitudinally electric pressure welding of pipes as well as their correlation (plastic deformation, welding, structural changes etc) and their contribution to residual stress.

Metalurgia 46(1994), nr. 8, p. 8

Gheorghe Chelu, Nicolae Ghiban: **Material flow during round bar extrusion**

The authors come with a computer program for the extrusion of round bars. With the program they analysed the evolution of bar speed, strain rate in deformation focal point and deformation degree. The conclusion was that the optimal extrusion die angle, to avoid dead zone occurence and minimize material consumption, must be between 80 and 85^0.

Metalurgia 46(1994), nr. 8, p. 15

Vasile Filip Soporan: **To date computer modelling state for casting solidification process**

The paper shows the main trends of casting solidification computer modelling. The authors insist on metal flow in mould cavity, solidification and evaluation of thermomecanical properties of cast alloys as well as modelling of solidification structure.

Metalurgia 46(1994), nr. 8, p. 20

Cezar Balescu: **Surface quality evaluation method for metal components**

Metalurgia 46(1994), nr. 8, p. 24

Ioan Vida-Simiti: **Tendencies and Studies Regarding New-Material Elaboration by Methods of Powder Metallurgy**

Taking into account the technological flexibility and the more and more striking universal character offered by the methods belonging to powder metallurgy, the paper presents achievements, studies and tendencies in the field of scientific research for creating new types of materials having special properties that cannot be practically obtained by means of recognized technologies.

Several results are reproduced concerning researches in the field of elaborating the following types of materials: tribotechnical, resistance, high-alloyed materials, alloys of light metals, composites.

Metalurgia 46(1994), nr. 8, p. 28

Gheorghe Chitu: **Hydrogen influence on steel quality**

The paper is a synthesis of research performed to evaluate hydrogen influence on steel mechanical properties.

Hydrogen sources, its solubility and behaviour, liquid and solid steel are next discussed.

Finally, certain measures are set up to minimize hydrogen concentration and negative effects on steel quality and increase reliability and efficiency in manufacturing metal components (mainly forgings).

Metalurgia 46(1994), nr. 8, p. 34

Liu Y.C.et al: **Transformation kinetiks and thermodynamics in bainitic nodular irons during tempering between 360 and 420^{0}C**

Metalurgia 46(1994), nr. 8, p. 40

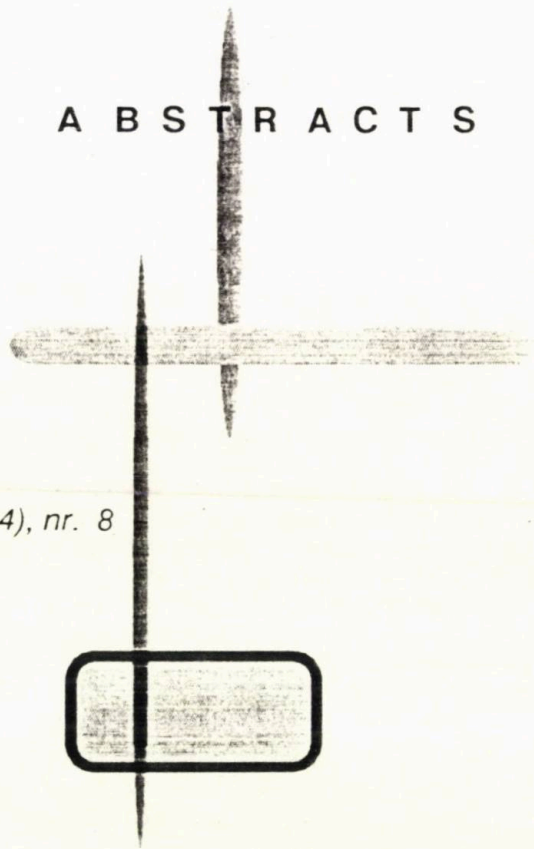
Toma Vasile: **Isothermal carbide forming during low alloyed steel casing**

Metalurgia 46(1994), nr. 8, p. 47

Badea Teodora et al: **Passivisation behaviour and intercrystalline corrosion tendency of 304, 304L and 316 stainless steel grades**

Anodic polarisation behaviour and intercrystalline corrosion tendency have been studied, using potentiodynamic reactivation (RAPD), for 304, 304L and 316 stainless steel grades and various heat treatments used (650-1050^{0}C).

Metalurgia 46(1994), nr. 8, p. 53



Metalurgia 46(1994), nr. 8

S. C. "SIDEX" S. A. GALATI RESTRUCTURARE SI MODERNIZARE

Ing.Florea Alexandru S.C. SIDEX S.A. Galati

C.Z.: 669

Confruntati cu dificultati deosebite, datorita recesiunii din economia mondiala în ansamblu de la finele anilor '70 si începutul anilor '80, firmele producatoare de otel din industria siderurgica a tarilor industrializate au fost afectate de o puternica criza si în aceasta situatie au trecut la adoptarea si implementarea unor masuri anticriza.

A fost prima masura si cea mai usor de aplicat, solutia diversificarii domeniilor de activitate. Aceasta nu este însa o solutie universal valabila si nu poate rezolva multe din problemele reale cu care se confruntau firmele siderurgice.

S-a trecut la aplicarea unor programe de restructurare interna al caror continut a fost diferit de la o firma la alta si de la o tara la alta. Totusi, pot fi identificate unele trasaturi comune, ideea de baza fiind aceea a necesitatii cresterii eficientei de ansamblu a procesului de productie, prin eliminarea capacitatilor învechite si neeficiente si luarea masurilor de modernizare a celor ramase în functiune introducându-se tehnologii si procedee noi. Alaturi de o dotare deosebita pentru controlul si conducerea procesului, mutatii tehnologice importante au ridicat la un înalt grad de calitate si diversitate otelurile, si în mod implicit laminatele produse si oferite clientilor pentru o diversitate de utilizari. Se accentueaza procesul de trecere treptata de la productia de masa de uz general la productia de masa de otel de calitatea superioara.

Interesant este ca recesiunea economica de la începutul anilor '90 duce în continuare la adâncirea restructurarii si implementarea de noi tehnologii care sa creasca gradul de competitivitate atât calitativ cât si în mod special al reducerii costurilor de productie.

In acest context de ansamblu si cu o întârziere de cca. 10-15 ani, siderurgia româneasca - si în cadrul ei S.C. SIDEX S.A.Galati trebuie sa fie în masura sa-si defineasca optiunile de restructurare si modernizare în plina criza interna economica si politica prin trecerea de la o economie centralizata la o economie de piata suprapusa pe o recesiune globala a economiei mondiale.

Dupa cum se cunoaste, în luna iunie 1993 a fost finalizat, de catre firma franceza SOFRES CONSEIL "PROGRAMUL DE RESTRUCTURARE A SIDERURGIEI ROMANESTI", analizat în cadrul Departamentului Industriei Metalurgice si rezultând "STRATEGIA DE RESTRUCTURARE A SIDERURGIEI ROMANESTI".

Definirea necesitatilor de produse siderurgice pentru piata interna are la baza un scenariu al Bancii Mondiale pornind de la Produsul Intern Brut si aportul la acesta a diferitelor sectoare economice, determinând rata de crestere medie anuala pâna în anul 2002 si evolutia structurii pe produs a produselor siderurgice în raport cu anul 1991. La aceasta s-a estimat evolutia exporturilor de produse siderurgice românesti pe piata mondiala.

Tabelul 1

Productia de produse siderurgice finite si semifabricate Anul 2002 (Studiu de restructurare DIM/noiembrie 1993)
Finished and semifinished steel products in the year 2002 (Restructuring study by DIM in Nov. 1993)

Produsul	Cantitati estimate pentru:			Productia interna
	Piata interna	Export	Import	
◆ Tevi fara sudura	381	315	30	666
◆Semifabricate pentru forja	320	-	-	320
◆ Produse lungi	2453	1010	120	3343
din care:				
- sârma	410	120	-	530
- otel beton	600	360	-	960
- bare	680	-	120	560
- profile	540	480	-	1020
- sina c. f.	150	50	-	200
-bandaje,discuri, materiale de cale	73	-		73
◆ Produse plate	2502	1410	-	3912
din care:				
- table groase	914	665	-	1579
- table si benzi laminate la cald	662	575	-	1237
- table si benzi laminate la rece	825	80	-	905
- table acoperite	101	90	-	191
◆ Produse semifabricate special	40	-	40	-
TOTAL	**5696**	**2735**	**190**	**8241**

Pe baza analizelor efectuate a rezultat pentru industria siderurgica românească, productia de produse siderurgice finite si semifabricate redata la nivelul anului 2002 în tabelele 1 si 2.

Dupa cum se poate constata, cantitatile estimate pentru productia interna de produse plate - productie S.C. SIDEX S.A. Galati sunt identice în ambele variante si sunt considerate realiste industrial având în vedere ca productia de table groase constituie si va constitui principalul sortiment de export pentru S.C. SIDEX S.A. Galati, corelat cu structura sortimentala a principalelor tari industrializate, iar piata interna de table si benzi laminate la rece poate consuma cantitatile estimate într-o economie normalizata la o competitivitate - calitativa si de costuri - cu a celorlalti producatori de pe piata internationala. În acelasi timp se pote asigura de S.C. SIDEX S.A. semifabricate pentru tevi si produse lungi mai competitive decât de la alti producatori. In baza productiei rezultate din strategia de restructurare a siderurgiei românesti, S.C. SIDEX S.A. Galati si- a construit propriul program de restructurare si modernizare care are ca scop cresterea calitatii produselor realizate, în special banda laminata la cald si banda laminata la rece la performante ce se realizeaza în alte unitati similare, reducerea costurilor de productie, cresterea productivitatii si echilibrarea energetica a unitatii, în primul rând a consumului si necesarului de gaze combustibile.

Productia de aglomerat poate fi produsa cu benzile 5,6 si 7 celelalte 4 benzi de 150 m^2 de la fabrica 1 se opresc.

- LAMINOARE -

Table groase:	O piata de 1579 mii t/an necesita mentinerea în serviciu a celor doua laminoare.
Table si benzi laminate la cald:	Un total de productie de cca. 2500 mii t/an pentru desfacere directa 1237 mii t/an si alimentarea laminorului de benzi la rece 1250 mii t/an.
Table si benzi laminate la rece:	La o productie de 1100 mii t/an asigura necesarul pietii si liniile de acoperire. Functionare tandem 1 si LAMINORUL REVERSIBIL.
Linia de zincare: Linie de lacuire, vopsire, acoperirea cu mase plastice:	La o productie de 120 mii t/an

*

* *

Dupa realizarea capacitatilor de turnare continua în brame la otelaria nr.2 si în tagle la otelaria nr.3 se opreste laminorul slebing si laminorul de semifabricate.

Otelul lingou de la OE va fi transformat în sleb la LTG1, prin reactivarea bateriei de cuptoare adânci.

Tabelul 2

C. S. :SIDEX" S. A. Galati
Capacitate de productie dupa restructurare
- OTEL-

Otelaria	Capacitate, mii t	Productia, mii t	Conform Sofres - Conseil Productia, mii t
OLD 1 + TC 1 OLD 2 OLD 3 + TC 3 Otelaria electrica	3400 1700 1700 150	3200 1120 1150 100	3200 1150 1300 - 1560 100
	6950	5570	5750 - 6010

- FONTA -

Otelariile LD exploatate cu cca 20% fier vechi în încarcatura.

Necesar fonta: 4900 mii t/5300 mii t.

Furnale în functiune:

F.6 - 3500 m^3 volum unic

F. 5 - 2700 m^3 volum unic

F.4 - 1700 m^3 volum unic

Productivitatea furnalelor: 1,72 t/m^3, zi: 1,87 t/m^3, zi

Furnalele corect instrumentate si automatizate.

Un al patrulea furnal în rezerva.

Productia de produse siderurgice finite si semifabricate
Anul 2002 (Studiu de restructurare Sofres-Conseil)
Finished and semifinished steel products in the year 2002
(Restructuring study by Sofres - Conseil)

mii t

Produsul	Cantitati estimate pentru:			Productia interna
	Piata interna	Export	Import	
◆ Semiproduse	1057	-	-	1057
◆ Produse lungi din care:	1859	745	75	2539
- otel beton	342	375	35	682
- sârma	350	95	10	435
- sina c. f.	149	50	-	199
- bare	543	-	10	533
- profile	475	235	20	690
◆ Produse plate din care:	2962	980	30	3912
- table groase	1014	565	-	1579
- table si benzi laminate la cald	902	345	10	1237
- table acoperite	191	-	-	191
- table si benzi laminate la rece	855	70	20	905
TOTAL	**5878**	**1725**	**105**	7508

PRINCIPALELE MODERNIZARI PRECONIZATE A FI REALIZATE LA S.C. SIDEX S.A. GALATI

ETAPA I-a

- *1. Insuflare carbune la furnalele nr.4 si 5.*
- *2. Controlul procesului si conducerea automata a procesului la furnalul nr.6 (o data cu RK 1966).*
- *3. Modernizarea otelariei cu convertizoare nr.1 (desulfurare fonta, insuflare combinata, conducere automata a procesului).*
- *4. Modernizarea turnarii continue în sleb (prima masina o data cu modernizarea OLD 1 urmând ca restul de trei masini sa fie realizate esalonat pâna în anul 2000).*
- *5. Transformarea unei masini de turnare continua blum în turnare continua tagle rotunde pentru tevi din otel carbon si aliate pentru tevi de cazane si recipienti sub presiune la TC 3 (o data cu aceasta o instalatie de desulfurare fonta la OLD 3 si un LF) ϕ 180 - 340 mm.*
- *6. Modernizarea laminorului de benzi la cald:*
  - *reconditionare cuptoare de reîncalzire*
  - *tren finisor: reglaj fin hidraulic, contracurbura, deplasarea laterala a cilindrilor de lucru, functionarea automata nivel 2)*
  - *instalatia de racire dirijata a benzii*
  - *masina de bobinare*
- *7. Modernizarea laminorului de benzi la rece (decapare 1, tandem 1, instrumentatie de masura si control si functionare automata).*
- *8. Epurarea si recuperarea gazului de convertizor la OLD 1.*
- *9. Modernizarea instalatiei de zincare (masina de sudat, role cuptor, minifloraj, instrumentatie de masura si control si functionarea automata, reducerea grosimii depunerii de zinc la 30 - 50 gr./m^2 doua fete, cresterea capacitatii.*
- *10. Recuperare sulf din gaz de cocs.*
- *11. Modernizarea instalatiei RH de la OLD 1.*

ETAPA a II-a

- *1. Insuflarea carbunilor la F.6.*
- *2. Controlul procesului si conducere automata a elaborarii fontei la F.4 si F.5.*
- *3. Turnarea continua în sleb la OLD 2.*
- *4. A doua masina de turnare tagla rotunda pentru teava si turnare continua pentru tagle de relaminare ϕ 140 mm, la TC 3.*
- *5. Epurarea si recuperarea de gaz de convertizor la OLD 2 si OLD 3.*
- *6. La laminoarele de tabla groasa: modernizarea cuptoarelor de încalzire, reglaj hidraulic si contracurbura la Q 2 - LTG 2, aparatura de masura si control.*
- *7. La LBC înlocuirea trenului degrosisor cu o caja universal reversibila si încarcarea slebului direct din TC 1 la 90 - 95% din productie.*
- *8. Linie de vopsire, lacuire, acoperire cu mase plastice.*
- *9. Instrumentatia de masura si control la OLD 2 si OLD 3 si eventual instalatia de desulfurare fonta si VD la OLD 2.*

REVISTA REVISTELOR

Aizatulov, R.

Instalatii noi pentru comanda cu jet a elaborarii si pentru torcretarea cu flacara a convertizorului la C.M. Zapadno-Sibirsk

In: **Stal**, Federatia Rusa, 1992, nr.11, p.15-19

In vederea cresterii eficientei de elaborare în convertizor, în articol se examineaza perfectionarea constructiei dispozitivelor de suflare si a regimurilor de suflare a baii.

IMPLICATIILE FACTORILOR TEHNOLOGICI DE FABRICATIE ASUPRA TENSIUNILOR REMANENTE DIN TEVI SUDATE PRIN PRESIUNE LONGITUDINAL, ELECTRIC

Ing. Bercea Mihai, asistent Universitatea Tehnica "Gh. Asachi" - Iasi
ing. Dia Vasile - "TEPRO" S.A. - Iasi

C.Z.: 621.539.319

Tevile sudate prin presiune longitudinal si electric, obtinute prin deformarea palastica a benzilor laminate, datorita pretului de cost îsi gasesc o utilizare din ce în ce mai diversa, în detrimentul celor obtinute prin perforare la cald.

Cu toate acestea, atât tehnologia de deformare la rece cât si procedeul de sudare determina aparitia tensiunilor remanante, care în anumite conditii duc la pierderea preciziei dimensionale sau pot provoca fisuri.

Lucrarea prezinta influentele principalilor factori tehnologici implicati în executia tevilor sudate prin presiune longitudinal si electric - ϕ 35 x 2* mm din otelul OL 32, asupra tensiunilor remanente din zona de îmbinare prin sudura cât si din materialul de baza.

Materiale, proprietati, consideratii tehnologice

Otelul utilizat pentru realizarea tevii ϕ 35 x 2 mm este un otel ferito-perlitic, ale carui proprietati chimice si fizico- mecanice** sunt prezentate în tabelul 1, 2 si figura 1.

Formarea tevii prin deformare plastica la rece presupune trecerea benzii semifabricat printr-o succesiune de caje de laminor, cu raze de curbura descrescatoare R_i = 228,6 ---19,8 mm, figura 2.

Parcurgerea acestui traseu permite realizarea urmatoarelor faze tehnologice: încovoierea (simetrica) a benzii (latimea = 119,5 mm, grosimea = 2 mm), pâna la realizarea formei circulare, sudarea electrica prin presiune, debavurarea exterioara prin aschierea mecanica a surplusului de material rezultat în urma sudarii, racirea intensiva cu jet de emulsie, reducerea diametrala la rece, calibrarea.

Tehnologia de sudare electrica prin presiune (rezistenta de contact) necesita pe lânga o temperatura optima de sudare (T≈ 1400 ^{0}C) si forte de apasare [1].

Fluxul termic necesar unei sudari optime impune corelarea parametrilor de sudare: tensiune, curent, viteza de sudare, grosimea benzii, natura materialului [1].

Indepartarea surplusului de material rezultat în urma refularii materialului în timpul sudarii se realizeaza prin achierea mecanica, imediat dupa realizarea sudurii.

($F_z \approx 1000$ [N] $F_y \approx 400$ [N]), la o temperatura T≈1200 ^{0}C

Tabelul 1

Componenta chimica a otelului OL 32
OL32 grade chemical analysis

Material	Elemente								
	C	Mn	Si	P	S	Cr	Ni	Mo	Cu
OL32	0.06	0.35	0.03	0.022	0.023	0.03	0.02	0.02	0.04

Caldura acumulata în procesul de sudare este evacuata printr-o racire intensiva, cu jet de emulsie, pâna la o temperatura T≈ 20^{0}C.

Reducerea diametrala a tevii ϕ 38 x 2, la ϕ 35 x 2 este rezultatul tragerii fortate a tevii amintite printr-un numar de caje cu raze din ce în ce mai apropiate de raza exterioara a tevii R = 17,5 mm.

Tabelul 2

Proprietatile fizico-mecanice ale otelului OL 32
OL32 grade mechanical properties

Material	Limita de elasticitate	Limita de curgere	Modulul de elasticitate	Coeficientul lui Poisson	Rezistenta la rupere	Alungirea la rupere	Gâtuirea la rupere
	$\sigma_{0,1}$	$\sigma_{0,2}$	E x 10^5	ν	σ_r	A	Z
	[MPa]	[MPa]	[MPa]	--	[MPa]	[MPa]	[%]
OL32	226 - 228	230 - 235	1.65 - 1.74	0.289	318 - 320	26 - 27	68 - 71.2

*) Din nomenclatorul de fabricatie al societatii TEPRO S. A.

**) Parametrii au fost determinati pe o masina de încercat Iasi WOLPERT la I. M. R. A. S. A. Bucuresti

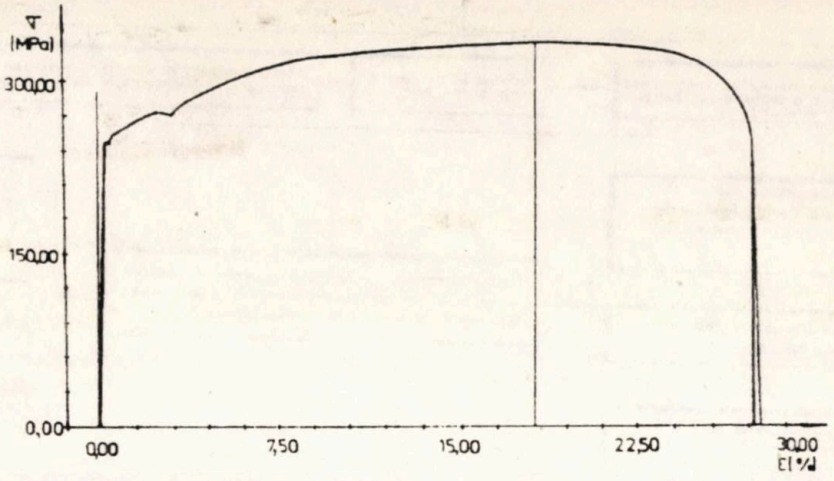


Fig. 1

Variatia $\sigma - \varepsilon$ pentru otelul OL 32
Stress - strain variation for the OL 32 steel grade

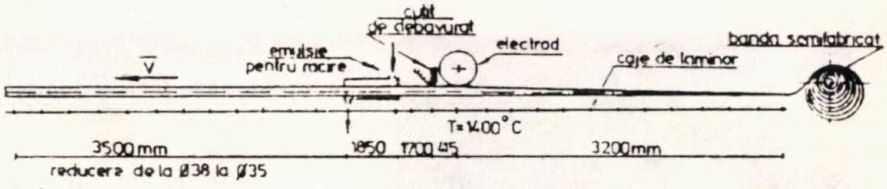


Fig. 2

Traseul tehnologic de fabricatie a tevii ϕ 35 x 2
The process flow for the manufacture of 35 mm dia. 2 mm thick pipe

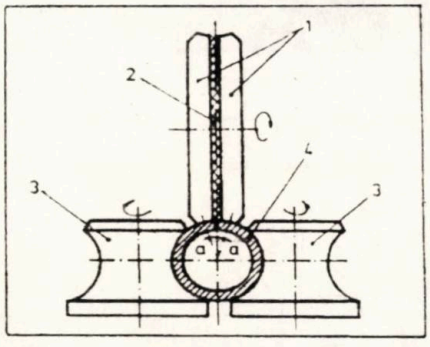


Fig. 3

Configuratia sistemului de sudare prin presiune longitudinala si electrica (1. electrozi, 2. izolator, 3. role de apasare, 4. teava)
Longitudinal electric pressure welding equipment:
1 - electrodes; 2 - insulator; 3 - press rolls; 4 - pipe

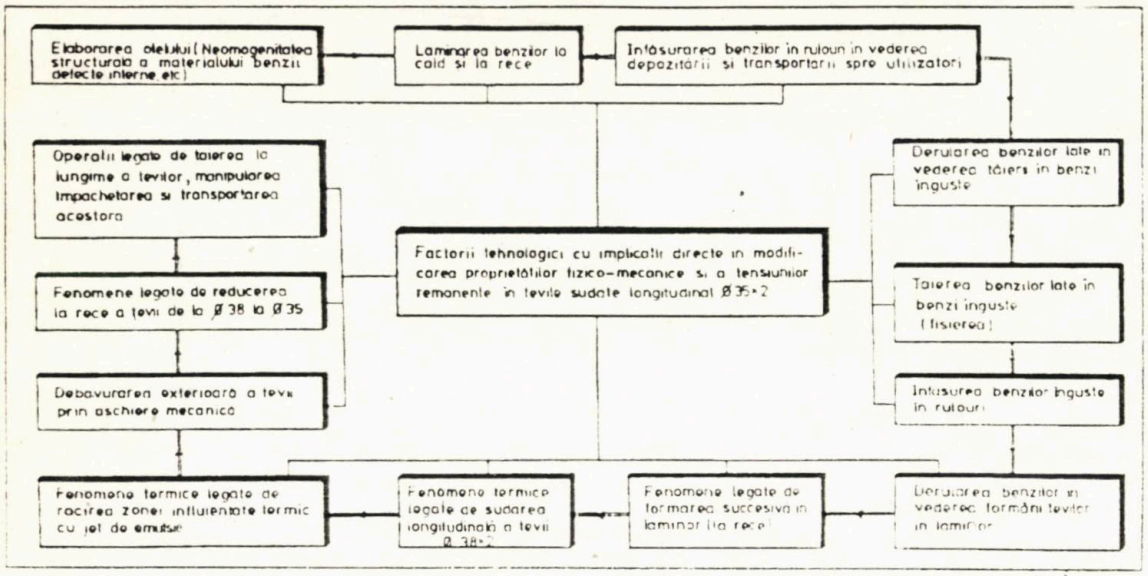


Fig. 4

Succesiunea factorilor tehnologici care pot determina aparitia tensiunilor remanente
The sequence of process parameters able to induce residual stress

Fig. 5

Evidentierea microscopica a unor micropori inclusi in otelul OL 32
Microscopic evidence of pores in OL 32 steel grade

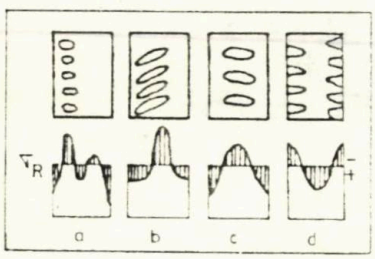


Fig. 6

Influenta pozitiilor reciproce ale cilindrilor de laminor asupra distributiilor tensiunilor remanente din tabla rezultata prin laminare [4]
The influence of the mutual position of the mill rolls on residual stress distribution in rolled plate [4]

Factorii tehnologici care au implicatii în modificarea proprietatilor fizico-mecanice ale materialului si tensiunilor remanente

Nivelul tensiunilor remanente din banda semifabricat si implicit din teava este rezultatul unui cumul de influente ale unor factori tehnologici, care pot determina aparitia si variatia tensiunilor remanente pe parcursul elaborarii si pregatirii benzii semifabricat.

In figura 4 se prezinta succesiunea acestor factori tehnologici care pot determina aparitia tensiunilor remanente si implicit, deteriorarea materialului.

In cele ce urmeaza se prezinta caile prin care acesti factori intervin în timpul procesului tehnologic.

Elaborarea otelului si laminarea benzii

Procesele complexe, de elaborare a otelului, de laminare la cald si la rece a benzii, presupun si evidentierea unor defecte, caracterizate prin neomogenitatea dimensionala a grauntilor de material, micropori (fig.5), fapt care influenteaza negativ limita de plasticitate a materialului [2], modulul de elasticitate [2], [3], duritatea [3], rezistenta la oboseala si la soc.

In timpul laminarii, un rol important îl au pozitiile reciproce ale cilindrilor de laminor si uzura acestora.

Reglajul incorect al pozitiilor cilindrilor de laminor poate determina usoare ondulari ale benzii, ceea ce determina si distributii neuniforme ale tensiunilor remanente [4]. Analiza prin difractia razelor X a nivelurilor tensiunilor remanente din straturile superficiale ale benzii au evidentiat astfel de defecte.

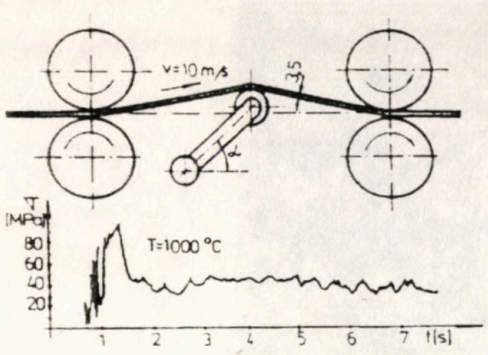


Fig. 7

Influenta buclatorului asupra tensionarii neuniforme a benzii în timpul laminarii la cald [6]

Coiler influence on uneven strip stress distribution during hot rolling [6]

aspect caracterizat prin tensiuni remanente în centrul benzii, aproximativ egale cu acelea determinate la marginea benzii si mai mari decât tensiunile din celelalte zone.

In figura 6 se prezinta câteva aspecte care se întâlnesc în practica laminarii si efectele pozitiilor cilindrilor asupra distributiilor tensiunilor remanente.

Suplimentar, nivelul tensiunilor remanente poate fi influentat si de deformarile neuniforme din banda, ca urmare a actiunii rolelor de buclare în timpul laminarii la cald sau la rece, prin faptul ca zone din banda pot fi mai mult sau mai putin tensionate axial [6].

Debitarea benzilor semifabricat prin forfecare

Banda îngusta cu latimea de 119,5 mm, necesara realizarii tevilor ϕ 38 x 2, respectiv ϕ 35 x 2, se obtine prin forfecarea benzii late (max. 1,5 m), la latimea dictata de diametrul tevii. Procesul în sine determina aparitia în zona de margine, a unor suprapuneri de eforturi: tractiune, compresiune, încovoiere (în cazul cutitelor uzate), forfecare care au implicatii asupra duritatii materialului.

Din acest punct de vedere, duritatea este neuniforma în sectiunea transversala, variind de la 220 la 250 $HV_{0,1}$, la margine, la 160- 180 $HV_{0,1}$ spre mijlocul acesteia.

Micrografierea unei sectiuni în zona de margine pune în evidenta directia de deformare si de alunecare a grauntilor (fig.8).

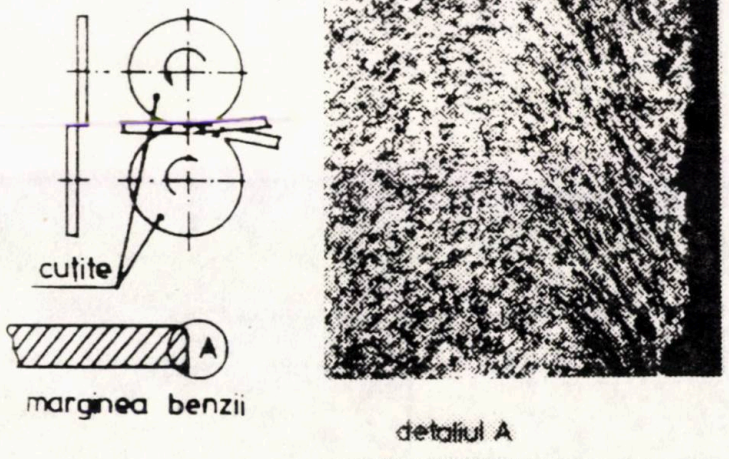


Fig. 8

Deformarea si alunecarea grauntilor în zona de margine rezultata prin forfecare

Grain deformation and slipping in shear edge zone

Aspecte privind sudarea, debavurarea si racirea tevii

In cazul sudarii unei tevi prin presiune, datorita configuratiei electrodului (fig. 3) cu doua puncte de contact, simetric distantate fata de axa longitudinala a tevii, temperatura în momentul realizarii contactului electric are o distributie hiperbolica la amorsare [1] cu doua maxime (fig.9).

Dupa realizarea îmbinarii (datorita fenomenului de conductie si convectie, cât si a distantei mici dintre cele doua ramuri, temperatura se distribuie "gaussian".

Fluxul termic determina în zona aferenta modificarea dimensiunii grauntilor de material cu implicatii directe în variatia limitei de elasticitate [2] figura 10.

Fortele de apasare necesare realizarii îmbinarii prin sudura a celor doua margini ale benzii, actionând în prezenta fluxului termic maxim, determina refularea surplusului de material (surplus tehnologic) atât spre exteriorul cât si spre interiorul tevii (fig. 11).

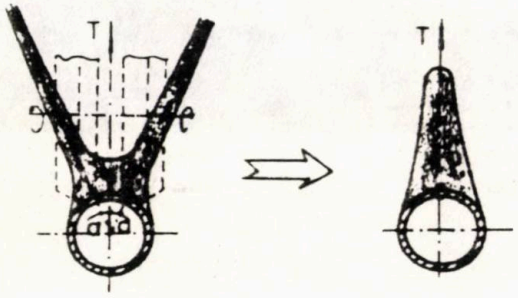


Fig. 9

Temperatura cu doua maxime la stabilirea contactului electric

Two-peak pipe temperature when the electric contact is established

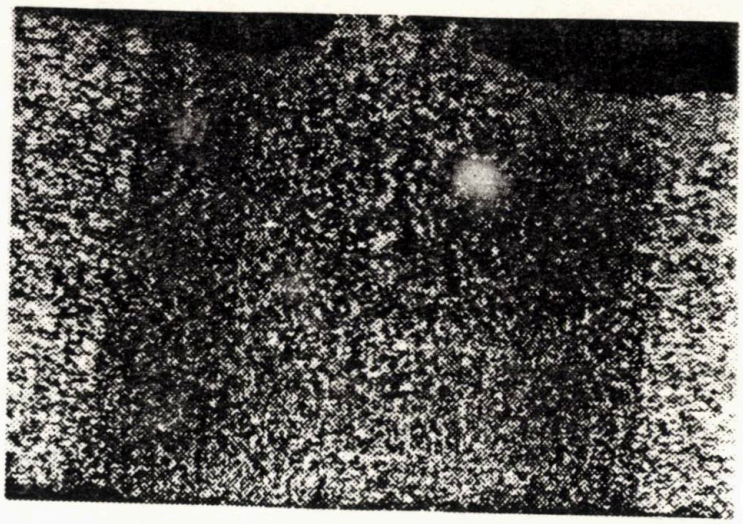
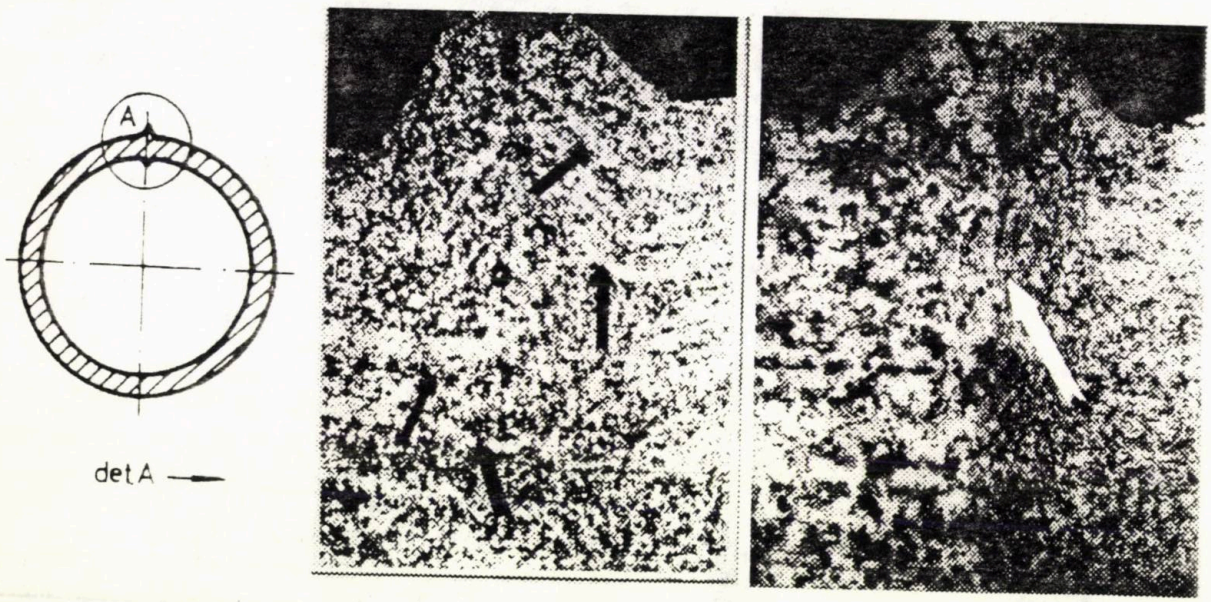


Fig. 10

Zona influentata termic datorita procesului de sudare
The heat affected zone (HAZ)



a b

Fig. 11

Detaliu privind refularea materialului suplimentar
Detail on additional material heading

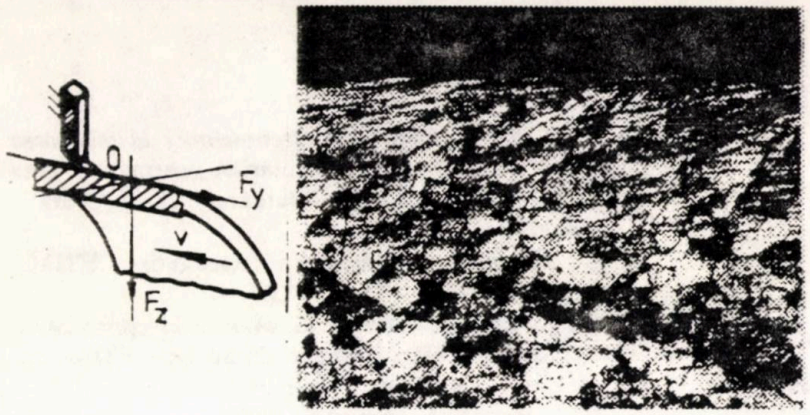


Fig. 12
Ecruisarea materialului datorita aschierii mecanice
Material work hardening during mechanical cutting

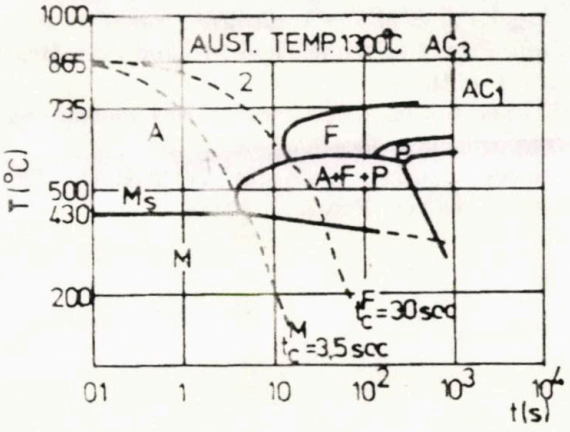


Fig. 13
Diagrama TTT pentru otelul OL 37 (cu caracteristici mecanice apropiate de a otelului OL 32)
TTT diagram for OL37 steel grade

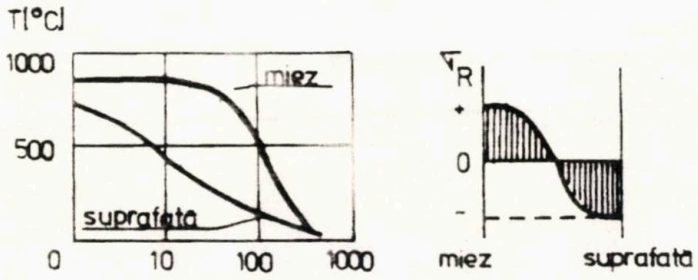


Fig. 14
Aparitia tensiunilor remanente datorita vitezelor diferite de racire a unei epruvete incalzite in timpul calirii
Residual stresses due to different cooling rates in a quench hardened test piece

Esantioanele prelevate din teava studiata si analizata la microscop au evidentiat neomogenitati de material, directii de deformare etc.

Indepartarea materialului refulat prin aschiere mecanica (latimea aschiei 3 - 4 mm, grosimea aschiei 1,5 - 3 mm) duce la ecruisarea materialului în zona de suprafata (fig.12).

Procesul de racire cu jet de emulsie coroborat cu cel de încalzire este similar cu un tratament termic de calire prezentând totusi unele aspecte distincte:

- *încalzirea materialului este locala, temperatura fiind distribuita neuniform (de la temperaturi situate sub linia solidus, pâna la temperatura mediului ambiant);*
- *viteza de încalzire a materialului în vederea sudarii este mult mai mare decât în cazul tratamentelor termice obisnuite, ceea ce are ca efect deplasarea spre valori mai ridicate a punctelor de transformare Ac1 si Ac3.*

In ceea ce priveste viteza de racire, aceasta este comparabila cu cea caracteristica tratamentelor termice de calire, ca urmare a racirii în flux continuu cu emulsie a zonei sudate dupa debavurare.

Racirea fortata cu emulsie determina transformarea austenitei în ferita α, fenomen însotit de o crestere a volumului specific cu ~ 4% [5] si cu mult mai mult daca austenita se transforma în martensita (fig. 13) [7].

Pe de alta parte, la racire, temperatura la suprafata materialului descreste mai repede decât în miez, ceea ce înseamna ca variatia volumului specific este diferita la suprafata fata de miez (fig.14), astfel încât apar tensiuni remanente [8].

Reducerea diametrala a tevii prin tragere la rece

Faza finala a procesului tehnologic de fabricatie a tevii ϕ 35 x 2 o constituie reducerea diametrala a tevii ϕ 38 x 2 (fara modificarea grosimii peretelui).

Reducerea diametrala a tevii de la ϕ 38 la ϕ 35 impune existenta unei stari triaxiale de tensiuni.

Forta de tragere, în cazul de fata, o constituie forta de frecare dintre teava si rolele laminorului.

Procesul de reducere diametrala determina o puternica deformare plastica a

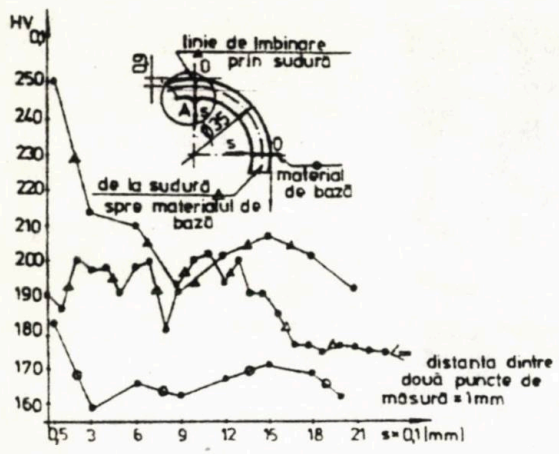


Fig. 15

Distributia microduritatii materialului în cazul tevii ϕ 38 x 2
Microhardness distribution in the 38 mm dia, 2 mm thick pipe

materialului caracterizat prin cresterea duritatii acestuia în zona de sudare si a materialului de baza.

Concluzii

Analizarea esantioanelor de teava, reprezentând fazele tehnologice de fabricatie a tevii ϕ 35 x 2, a permis evidentierea unor influente directe asupra mecanismului, fapt ce a determinat aparitia si variatia tensiunilor remanente, manifestate prin neomogenitati structurale, ecruisari locale, transformari structurale aferente procesului de încalzire si racire brusca a tevii.

BIBLIOGRAFIE

[1] **Cente J.**: *Fenomene electrotehnice la fabricarea tevilor prin sudare, prin presiune, pe generatoare.* Teza de doctorat, Institutul Politehnic "Traian Vuia" - Timisoara, 1976

[2] **Mongis J.**: Les achers a dispersoides CETIM - Informations, nr.79, feb.,1983, p.64

[3] **Rivenez J., Lambert A.**: Mesure et appreciation non destructiv des gradients de dureté CETIM - Informations, nr.97, oct.1986,p.54

[4] **Moussy F., Franciosi P.**: *Phisique et mecanique de la mise en forme des metaux.* Press du C.N.R.S. - I.R.S.I.D.

[5] **Gâdea S**: *Manualul inginerului metalurg.* Ed.Tehnica, Bucuresti, 1978

[6] **Charson J.L.** et al: *Mésures des contraintes dans une bande d'acier dans les intercages d'un train continu a chaud CETIM* - Informations nr.112, oct.1989, p.77

[7] **Argyris J.** et al: *Finite Element Analysis of Arc-welding Processes.* Numerical Methodes in Heat Transfer vol.III, p.1

[8] **Ericson T.**: *Residual stresses caused by thermal and thermochemical surface tratments*, p.87
Advances in surface treatments Technology - Applications - Effects, Pergamon Press

REVISTA REVISTELOR

STEEL TIMES INCORPORATING IRON & STEEL, ANGLIA, 1993, VOL.221, Nr.7

- *Starea si perspectivele tehnologiei de turnare continua, p.292*
- *Conferinta asupra turnarii continue, organizata de Voest Alpine Industrieanlagenbau, p.298*
- *Firma Gallatin Steel adopta turnarea sleburilor subtiri, p.301*
- *Avantajele turnarii benzilor pentru productia de otel a viitorului, p.304*
- *Otelul îsi spala imaginea poluanta, p.308*
- *NASS este optimista o data cu cresterea preturilor, p.311*
- *Cum v-a afectat recesiunea? p.313*
- *Firma Macready investeste în viitor, p.317*
- *BSD schimba accentul pe individ, p.318*
- *Firsteel pe calea valorii adaugate, p.318*
- *Succes în investitii al Steel & Alloy, p.320*
- *Pastrarea tablei în rastele verticale mareste capacitatea la Baigat, p.320*
- *Tehnologiile de bursa asigura succesul, p.321*
- *Distributia otelului în Europa de Vest, p.322*

CERCETARI PRIVIND CURGEREA MATERIALULUI IN TIMPUL EXTRUDARII BARELOR ROTUNDE

Dr.ing. Chelu Gheorghe conferentiar, ing. Ghiban Nicolae, sef lucrari Universitatea "Politehnica" Bucuresti

C.Z.: 621.777

Realizarea unei tehnologii corecte de extrudare a barelor necesita cunoasterea modului în care evolueaza principalii parametri în zona de deformare plastica, denumita frecvent si focar de deformare. Pentru aceasta trebuie cunoscute mai întâi limitele focarului de deformare precum si traiectoriile de deplasare a materialului care se deformeaza în interiorul acestui focar. Literatura de specialitate prezinta o serie de modele de curgere, fiecare apropiindu-se mai mult sau mai putin de conditiile reale de deformare plastica în functie de ipotezele simplificatoare folosite. Printre acestea se numara modelul dat de **Hartley** în lucrarea [3], de **H. Kudo** în lucrarea [4] sau de **Chen** în lucrarea [2]. Cel mai simplu model de curgere în cazul extrudarii barelor si în acelasi timp destul de apropiat de conditiile practice de deformare plastica, este cel oferit de **Avitzur** în lucrarea [1]. Forma focarului de deformare propus de Avitzur în modelul sau si notatiile eferente sunt prezentate în figura 1.

Din figura 1 se observa ca focarul de deformare (zona II), este delimitat de doua suprafete sferice, Γ_1 de raza r_1 si Γ_2 de raza r_2, corespunzatoare intrarii, respectiv iesirii materialului din zona de deformare. Pe partile laterale, focarul de deformare este marginit de o suprafata tronconica generata de rotirea cu 360^0 în jurul axei OZ a segmentului r_1-r_2, înclinat fata de aceasta axa cu unghiul θ. Inainte de intrarea în focar, în zona I, se considera ca materialul nu se deformeaza plastic, efectuând numai o deplasare axiala în container cu o viteza egala cu viteza pistonului presei de extrudare. Dupa intrarea în focarul de deformare prin suprafata Γ_1, curgerea materialului are loc dupa raze care converg în punctul O pâna în momentul în care ating suprafata Γ_2. La iesirea prin suprafata Γ_2 si intrarea în zona III, particulele materiale îsi schimba din nou directia, deplasându-se numai dupa componenta axiala ca si în zona I. Zona III este considerata ca zona de iesire din matrita în care materialul nu se mai deformeaza plastic. Zona IV,

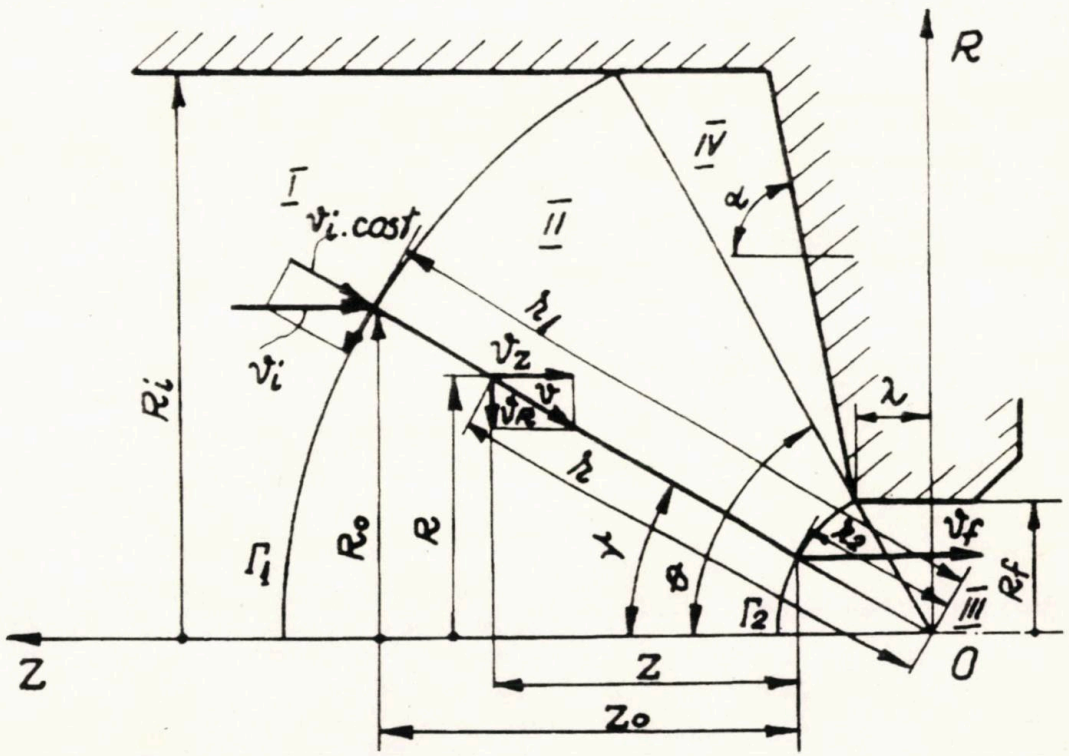


Fig. 1

Geometria focarului de deformare la extrudarea barelor

Focal point geometry for bar extrusion

delimitata de suprafata laterala a focarului de deformare si suprafata frontala a matritei este asa - zisa "zona moarta" în care materialul de asemenea nu se deformeaza plastic. Marimea zonei moarte este variabila si depinde în primul rând de unghiul de înclinare al suprafetei frontale a matritei α. Pentru unghiul $\alpha = 90^0$, zona moarta are valoarea maxima. Pe masura micsorarii unghiului α zona moarta, data de diferenta unghiurilor $\alpha - \theta$ se micsoreaza pâna la anulare.

Plecând de la modelul de curgere propus de Avitzur si prezentat în figura 1, s-a alcatuit un program pe calculator cu ajutorul caruia sa poata fi analizata evolutia principalilor parametri tehnologici în focarul de deformare. Parametrii luati în considerare au fost: viteza de deplasare prin focar v, viteza de deformare $\dot{\varepsilon}$ si gradul de deformare sau intensitatea deformatiei ε.

In coordonatele sferice (r, φ, ν), componentele vitezei în zona II sunt:

$$v = v_i \cdot r_1^2 \frac{\cos\gamma}{r^2} = -v_f \cdot r_2^2 \frac{\cos\gamma}{r^2} \qquad (1)$$

Dupa cum se observa si din figura 1, la trecerea prin suprafetele Γ_1 si Γ_2 componenta normala a vitezei este continua pe când cea tangentiala sufera salturile:

$$\Delta v = v_i \cdot \sin\gamma \text{ pe } \Gamma_1; \Delta v = v_f \cdot \sin\gamma \text{ pe } \Gamma_2 \quad (2)$$

Din relatia (1) rezulta ca tensorul vitezei de deformatie $\underline{D}$ are componentele diferite de zero:

$$D_{rr} = -2D_{\varphi\varphi} = -2D_{\gamma\gamma} = 2 \cdot v_f \cdot r_2 \cdot \frac{\cos\gamma}{r^3}; \qquad (3)$$

$$D_{r\gamma} = \frac{1}{2} \cdot v_f \cdot r_2^2 \frac{\sin\gamma}{r^2}$$

Inlocuind valorile din relatiile (3) în formula generala de calcul a vitezei de deformare:

$$\dot{\varepsilon} = \frac{\sqrt{2}}{3}\sqrt{(D_{rr} - D_{\varphi\varphi})^2 + (D_{\varphi\varphi} - D_{\gamma\gamma})^2 + (D_{\gamma\gamma} - D_{rr})^2 + 6(D_{r\varphi}^2 + D_{\varphi\gamma}^2 + D_{r\gamma}^2)} \qquad (4)$$

rezulta ca în acest caz viteza de deformare este:

$$\dot{\varepsilon} = 2 \cdot v_f \cdot r_2^2 \cdot \frac{1}{r^3} \cdot \sqrt{1 - \frac{11}{12} \cdot \sin^2\gamma} \qquad (5)$$

Tinând seama ca:

$$dt = \frac{dr}{v} = -\frac{r^2 \cdot dr}{v_f \cdot r_2^2 \cdot \cos\gamma} \qquad (6)$$

se poate deduce si relatia de calcul a gradului de deformare:

$$\varepsilon = \int_0^t \dot{\varepsilon}\, dt = 2 \cdot \frac{\sqrt{1 - \frac{11}{12} \cdot \sin^2\gamma}}{\cos\gamma} \cdot \ln\frac{r_1}{r} \qquad (7)$$

Pentru a realiza grafic pe calculator diagramele de variatie a parametrilor tehnologici mentionati, modelul dat de Avitzur a fost completat cu o serie de notatii cum ar fi:

- R_0, Z_0 care definesc pozitia de intrare a elementului de volum în focarul de deformare fata de axa Z, respectiv fata de punctul de iesire din focar;
- R, Z marimi care arata pozitia curenta a elementului de volum pe o traiectorie în focar;
- λ reprezentând distanta de la originea sistemului de axe, pe axa Z, pâna la muchia matritei.

Parametrii de intrare, adica parametri cunoscuti care se introduc de la claviatura, au fost: R_i - raza containerului; R_f - raza barei extrudate; v_i - viteza pistonului presei de extrudare; α - unghiul matritei; θ - unghiul maximde curgere. Pe baza acestor parametri s-a calculat:

$$\lambda = \frac{R_f}{\tan\theta}; \quad \Psi = \frac{R_f^2}{R_f^2}; \quad v_f = v_i \cdot \Psi \qquad (8)$$

$$r_1 = \frac{R_i}{\sin\theta}; \quad r_2 = \frac{R_f}{\sin\theta} \qquad (9)$$

In continuare, la o valoare data a unghiului y în intervalul $[\theta, 0]$, s-a adoptat ca parametru variabil raza r între limitele r_1 si r_2 cu pas de $(r_1 - r_2)/n$. Marimea n determina deci numarul de intervale de pe o traiectorie de curgere. Pentru a realiza o precizie buna în calcule s-a adoptat n = 200. De asemenea, pentru a avea o exprimare unitara si adimensionala, evolutia celor trei parametri tehnologici pe o traiectorie în focarul de deformare este prezentata în functie de raportul $k = Z/Z_0$. Acest raport are valoarea 1 în momentul intrarii în focar când $r = r_1$ si valoarea zero la iesirea din focar pentru care $r = r_2$.

Pentru fiecare valoare r, pornind de la r_1 catre r_2 sau k = 1 spre 0, s-au calculat în ordine, urmatoarele elemente:

$$R_0(\gamma) = r_1 \cdot \sin\gamma; \; Z_0(\gamma) = (r_1 - r_2) \cdot \cos\gamma \qquad (10)$$

$$R(\gamma,k) = r_k \cdot \sin(\gamma); \; Z(\gamma,k) = (r_k - r_2) \cdot \cos\gamma \qquad (11)$$

$$v(\gamma,k) = -v_i \cdot r_1^2 \cdot \frac{\cos\gamma}{r_k^2} \qquad (12)$$

$$\dot{\varepsilon}(\gamma,k) = 2 \cdot v_f r_2^2 \cdot \frac{1}{r_k^3} \cdot \sqrt{1 - \frac{11}{12} \cdot \sin\gamma} \qquad (13)$$

$$\varepsilon(\gamma,k) = 2 \cdot \frac{\sqrt{1 - \frac{11}{12} \cdot \sin^2\gamma}}{\cos\gamma} \cdot \ln\frac{r_1}{r_k} \qquad (14)$$

Cu valorile obtinute în fiecare din cele k pozitii de pe o traiectorie de curgere si trecând apoi pe alta traiectorie prin schimbarea unghiului γ, poate fi analizata evolutia vitezei de deplasare, gradul de deformare si viteza de deformare în întregul focar de deformare. Spre exemplificare în figurile 2, 3 si 4 este prezentata variatia acestor parametri tehnologici, obtinuta prin calcul, în cazul extrudarii unei bare cu urmatoarele valori pentru parametrii de intrare:

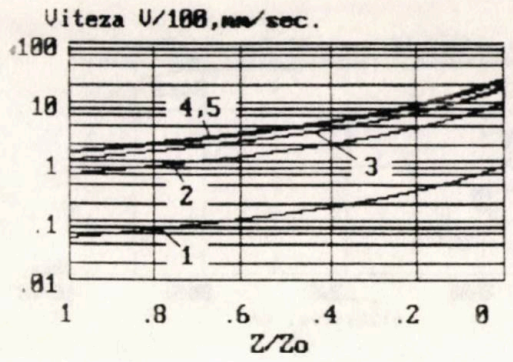


Fig. 2

Evolutia vitezei de deplasare (v) în focarul de deformare la extrudarea barelor. $1 \bullet \gamma = 89^0$; $2 \bullet \gamma = 66^0$; $3 \bullet \gamma = 44^0$; $4 \bullet \gamma = 22^0$; $5 \bullet \gamma = 0^0$

Speed (γ) variation in focal point during bar extrusion: $1 \bullet \gamma = 89^0$; $2 \bullet \gamma = 66^0$; $3 \bullet \gamma = 44^0$; $4 \bullet \gamma = 22^0$; $5 \bullet \gamma = 0^0$

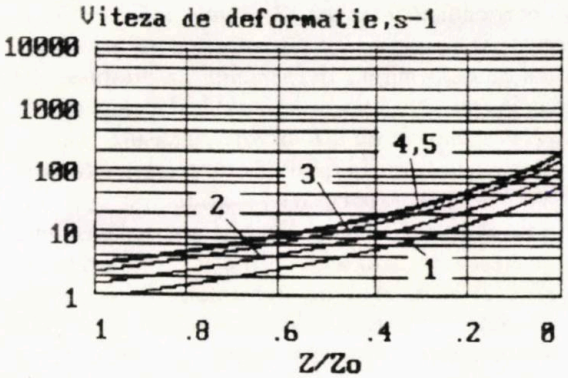


Fig. 3

Evolutia vitezei de deformatie ($\dot{\varepsilon}$) în focarul de deformare: $1 \bullet \gamma = 89^0$; $2 \bullet \gamma = 66^0$; $3 \bullet \gamma = 44^0$; $4 \bullet \gamma = 22^0$; $5 \bullet \gamma = 0^0$

Strain rate variation ($\dot{\varepsilon}$) in focal point: $1 \bullet \gamma = 89^0$; $2 \bullet \gamma = 66^0$; $3 \bullet \gamma = 44^0$; $4 \bullet \gamma = 22^0$; $5 \bullet \gamma = 0^0$

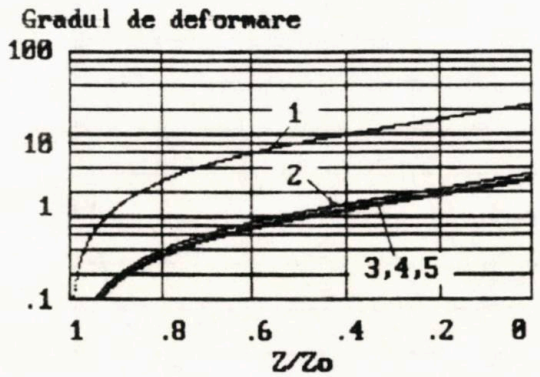


Fig. 4

Evolutia gradului de deformare (ε) în focar la extrudarea barelor.: $1 \bullet \gamma = 89^0$; $2 \bullet \gamma = 66^0$; $3 \bullet \gamma = 44^0$; $4 \bullet \gamma = 22^0$; $5 \bullet \gamma = 0^0$

Elongation (ε) variation in focal point during bar extrusion: $1 \bullet \gamma = 89^0$; $2 \bullet \gamma = 66^0$; $3 \bullet \gamma = 44^0$; $4 \bullet \gamma = 22^0$; $5 \bullet \gamma = 0^0$

$R_i = 80$ mm; $R_f = 30$ mm; $v_i = 150$ mm/sec; $\alpha = \theta = 89^0$.

Cele cinci curbe din cadrul fiecarei figuri corespund unor unghiuri γ cuprinse între θ si zero, la intervale egale astfel încât sa fie acoperit întregul focar de deformare. Curba 1 corespunde traiectoriei de curgere marginale ($\gamma = \theta$), iar curba 5 traiectoriei axiale ($\gamma = 0$), celelalte curbe reprezentând evolutia parametrilor respectivi pe traiectorii intermediare.

Din analiza figurii 2 se observa ca indiferent de traiectoria de curgere, viteza de depasare creste exponential din momentul intrarii în focar pâna la iesire. Viteza cea mai mica o au particulele care se deplaseaza pe traiectoria marginala pentru care $\gamma = \theta$. Cu cât traiectoriile de curgere se apropie de axa Z, adica γ tinde spre zero, cu atât diferenta între valorile vitezei de pe traiectoriile vecine este mai mica. In cazul de fata diferenta între valorile vitezei obtinute pe traiectoria pentru care $\gamma = 22^0$ si cele de pe traiectoria axiala ($\gamma = 0$), la aceeasi valoare a raportului Z/Z_0, a devenit nesemnificativa (traiectoriile 4 si 5 practic coincid). Faptul ca viteza de deplasare pe traiectorii nu are valoarea v_i când $Z/Z_0 = 1$, sau valoarea v_f când $Z/Z_0 = 0$, se explica prin salturile Δv pe care le sufera aceasta la trecerea prin suprafetele Γ_1 si Γ_2 (relatia 2). Singura traiectorie pentru care se respecta conditia exprimata anterior este cea axiala.

In ceea ce priveste evolutia vitezei de deformatie $\dot{\varepsilon}$ în focarul de deformare din figura 3, se observa ca aceasta este asemanatoare cu evolutia vitezei de deplasare v. De remarcat însa, intervalul mare de variatie al vitezei de deformatie la care sunt supuse elementele de volum în timpul traversarii focarului de deformare pe o traiectorie de curgere. Spre exemplu, la raportul de extrudare $\Psi = R_i^2 / R_f^2 = 80^2 / 30^2 = 7{,}1$, care este o valoare mica în comparatie cu raportul de extrudare uzual, se observa o crestere a vitezei de deformatie de la 1 s^{-1} la 60 s^{-1} pentru traiectoria marginala (curba 1) si de la 4 s^{-1} la 200 s^{-1} pentru traiectoria axiala (curba 5).

Din figura 4, în care este prezentata variatia gradului de deformare în focar pe diferite traiectorii de curgere, rezulta ca gradul de deformare cel mai mare se realizeaza pe traiectoria marginala. Pe celelalte traiectorii gradul de deformare este de asemenea crescator pe masura traversarii focarului însa cu valori mult mai mici decât cele realizate pe traiectoria marginala. Pentru unghiurile $\gamma = 0$, 22 si 44^0 curbele de variatie a gradului de deformare nu se deosebesc între ele.

Având la dispozitie programul de calcul al evolutiei celor trei parametri în focarul de deformare, procesul tehnologic de extrudare poate fi studiat pe mai multe directii. Una din aceste directii este analizatarea neuniformitatii deformatiei sau alungirii relative pe produsul extrudat. Neuniformitatea deformatiei a fost definita în cazul de fata ca fiind diferenta de drum Δl realizata de catre elementele de volum

care au traversat focarul de deformare pe diferite traiectorii si care înainte de a intra în focar se gaseau toate pe un plan perpendicular pe axa Z. Pentru aceasta, dupa stabilirea valorii gradului de deformare într-o pozitie k de pe o traiectorie de curgere (relatia 14), programul a fost completat cu relatia de calcul a componentei orizontale a vitezei de deplasare v.

$$v_z(\gamma,k) = v(\gamma,k) \cdot \cos\gamma \qquad (15)$$

Cunoscând evolutia vitezei v_z în focar, este posibila determinarea timpului necesar parcurgerii focarului de deformare de catre elementele de volum pe fiecare traiectorie de curgere:

$$t(\gamma) = \sum_{i=1}^{n} t_i \quad unde \quad t_i = \frac{Z_0(\gamma)}{n \cdot v_z(\gamma,k)} \qquad (16)$$

Dupa cum s-a vazut si din figura 2, elementele de volum de pe traiectoria marginala au viteza cea mai mica si deci timpul cel mai mare de parcurgere al focarului de deformare . Acest timp a fost considerat ca timp de referinta t_r. In continuare, s-a calculat diferenta dintre timpul de referinta si timpul în care elementele de volum de pe celelalte traiectorii ajung la iesirea din matrita.

$$\Delta t = t_r - t(\gamma) \qquad (17)$$

La aceasta diferenta de timp realizata pe diferitele traiectorii în focarul de deformare, trebuie adaugat si timpul pâna la intrarea în focar deoarece s-a considerat ca initial elementele de volum se afla pe un plan perpendicular pe axa Z, iar pe alta parte suprafata de intrare $\Gamma 1$ este sferica. Rezulta ca în momentul în care elementele de volum de pe axa semifabricatului intra în focar, celelalte vor mai strabate o distanta cu viteza v_i, distanta cu atât mai mare cu cât sunt mai departate de axa Z. Acest timp este:

$$t_0(\gamma) = r_1 \cdot \frac{1-\cos\gamma}{v_i} \qquad (18)$$

Introducând în relatia (17) se obtine:

$$\Delta t(\gamma) = t_r + t_0(\gamma) - t(\gamma) \qquad (19)$$

Tinând seama ca dupa iesirea din matrita toate elementele de volum au aceeasi viteza v_f, indiferent de traiectoria pe care s- au deplasat în focarul de deformare, rezulta ca pozitia acestora pe produsul extrudat fata de elementele care au curs pe traiectoria marginala se vor afla la distanta:

$$\Delta l(\gamma) = \Delta t(\gamma) \cdot v_f \qquad (20)$$

Daca în sistemul de axe (Δl, grosime bara extrudata) se unesc punctele care marcheaza alungirea Δl de pe traiectoriile vecine, rezulta o curba care arata pozitia elementelor de volum pe sectiunea longitudinala a produsului extrudat, elemente considerate înainte de intrarea în focar ca se aflau pe un plan perpendicular pe axa Z. Pentru a avea o buna rezolutie în trasarea acestor curbe care alcatuiesc tabloul neuniformitatii deformatiei pe produsul extrudat, în cadrul programului de calcul al unghiului γ s-a adoptat variatia de la θ la zero cu pasul $\theta/30$.

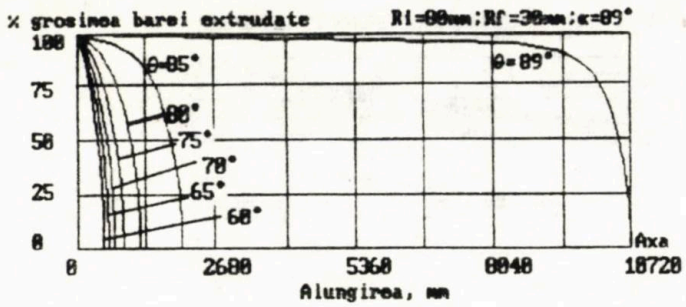


Fig. 5

Neuniformitatea deformatiei obtinute pe sectiunea longitudinala a barei extrudate

Longitudinal section deformation variation during extrusion

Pentru ilustrare, în figura 5 este prezentat tabloul neuniformitatii deformatiei obtinut cu ajutorul programului pe calculator, fiind folosite aceleasi date de intrare ca în cazul analizarii celor trei parametri tehnologici în focarul de deformare: Ri = 80 mm; Rf = 30 mm; vi = 150 mm/sec.; $\alpha = 89^0$; $\theta = 60 \div 89^0$.

Analizând curbele din figura 5 se observa ca neuniformitatea maxima Δl se obtine în axa barei extrudate, indiferent de unghiul maxim de curgere θ. Pentru $\theta = \alpha = 89^0$, rezulta ca în momentul în care elementele de volum care curg pe traiectoria marginala ajung la iesirea din focarul de deformare, cele

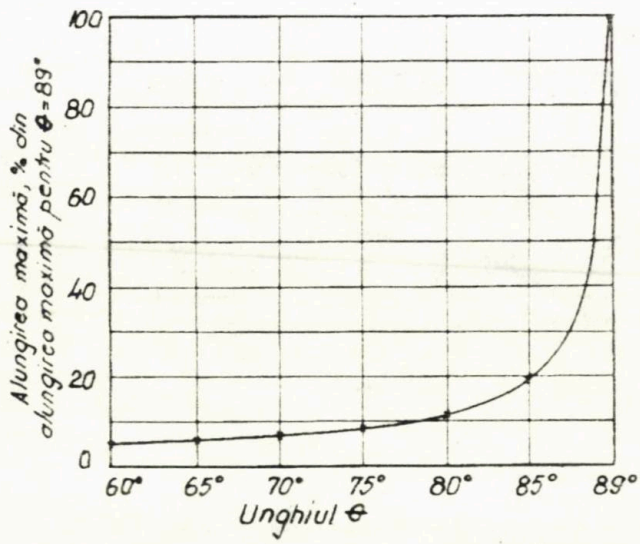


Fig. 6

Variatia alungirii maxime obtinute în axa barei extrudate, în functie de unghiul θ

Maximal elongation variation in bar center line depending on angle θ

care au intrat în focar pe axa Z se gasesc în avans pe bara extrudata la distanta de 10720 mm.

Se observa de asemenea o diferenta foarte mare între neuniformitatea realizata pentru $\theta = 89^0$ fata de cea obtinuta la unghiuri mai mici. Pentru a pune în evidenta mai bine acest fenomen, în figura 6 este prezentata variatia alungirii maxime obtinute în axa barei extrudate în functie de unghiul θ. In aceasta diagrama alungirea maxima s-a exprimat procentual fata ce cea realizata pentru $\theta = \alpha = 89^0$.

Din figura 6 rezulta ca alungirea în axa barei, pentru unghiuri θ sub 80^0, reprezinta doar max.11% din alungirea în care $\theta = 89^0$, iar alungirea pentru $\theta = 85^0$ reprezinta 20%. Forma curbei prezentate în figura 6 scoate în evidenta faptul ca în cazul extrudarii cu matrite plane ($\alpha = 89 \div 90^0$), curgerea materialului în zona în care θ depaseste $80 \div 85^0$ ar trebui sa se faca cu viteza foarte mica, alungirea devenind exagerat de mare. Practic în aceasta zona materialul nu se deformeaza, confirmând existenta zonei moarte. O confirmare în plus s-a obtinut în urma determinarilor experimentale necesare verificarii modelului. Caroiajul obtinut pe barele extrudate din semifabricate de plumb formate din câte doi semicilindri a fost asemanator cu cel obtinut prin calcul cu ajutorul modelului numai pâna la unghiuri ale matritei de $80 \div 85^0$. Caroiajul de pe bara extrudata cu matrita având unghiul $\alpha = 90^0$ a fost asemanator cu cel realizat la unghiul $\alpha = 80^0$. Acest lucru a aratat ca desi matrita a avut unghiul $\alpha = 90^0$, curgerea în focar s-a realizat numai pâna la unghiul $\theta = 80 \div 85^0$.

In concluzie, se poate considera ca zona moarta (zona IV) poate fi evitata daca unghiul matritei α este micsorat la $80\text{-}85^0$.

Totodata prin aceasta se micsoreaza considerabil neuniformitatea deformatiei cu implicatii pozitive asupra calitatii barelor extrudate si asupra consumului de material.

BIBLIOGRAFIE

[1] **Avitzur**, B: Metal Forming. Processes and Analysis. Mc Graw Hill, Book Comp, New York, 1968

[2] **Chen, C.T.**: *Upper bound solutions to axisymetric extrusion problems.* In: International Journal of Mechanical Sciences, vol.10, nr.11, 1968

[3] **Hartley, C.S.**: *Upper bound analysis of extrusion of axisymetric piecewise homogeneous tubes.* In: International Journal of Mechanical Sciences, vol.15, nr.8, 1973

[4] **Kudo H.**: *Some analytical and experimental studies of axisymetric cold forming and extrusion.* In: Int. J.of Mech. Sciences, vol.2, p.102, 1960

REVISTA REVISTELOR

STAL, FEDERATIA RUSA, 1993, Nr.5

- *Materiale noi pe piata produselor metalurgice, p.1*
- *Experienta functionarii furnalelor cu intensitate scazuta la C.M. Cerepovetk, p.7*
- *Influenta regimului de încarcare a furnalului asupra conditiilor schimbului de caldura si de reducere, p.12*
- *Tehnologia de economisire a resurselor la alierea cu vanadiu a otelului pentru sine, p.18*
- *Perfectionarea tehnologiei de dezoxidare a otelului pentru sine, p.21*
- *Utilizarea lancilor de masurare la elaborarea otelului în convertizoare, p.23*
- *Cresterea rezistentei lingotierelor de fonta aliata cu titan, p.24*
- *Incarcarea prin sudura electrica sub zgura cu dispunerea verticala a semifabricatului la obtinerea bimetalului rezistent la coroziune, p.26*
- *Perfectionarea tehnologiei de retopire electrica sub zgura cu utilizarea fondantilor cu bazicitate ridicata, p.30*
- *Model matematic de formare a lingoului la retopirea electrica sub vid, p.33*
- *Calculul parametrilor cuptoarelor electrice de prelucrare termica a minereurilor, p.36*
- *Instabilitatea laminarii la cald a benzilor în conditii extreme, p.43*
- *Studierea eficientei unor noi dispozitive pentru racirea benzilor si rulourilor pe laminorul 1700, p.48*
- *Regim rational de refulare a bandajului semifabricatelor pentru roti, p.52*
- *Durificarea suprafetei tabliilor cilindrilor de sprijin de la laminorul 2000 al C.M. Novo-Lipetk, p.54*
- *Starea de tensiune - deformare a metalului la tratamentul termomecanic al tevilor sudate, p.56*
- *Aplicarea acoperirilor de protectie pe tevi prin metoda prelucrarii termochimice în amestec dinamic pulverulent, p.59*
- *Repartitia optima a energiei termice în cuptoarele electrice cu clopot, p.61*
- *Otel pentru profile îndoite, sudate, utilizate în zone nordice, p.64*
- *Durificarea laminatelor din otel de uz general, p.69*
- *Executarea benzilor subtiri laminate la rece din otel 10H18AG18, p.72*
- *Carbura de bor, compozitiile de faza si granulometrica ale pulberilor din carbura de bor, p.74*
- *Unele probleme ale pietei metalelor în cadrul C.S.I., p.79*

STADIUL ACTUAL AL MODELARII PRIN METODE NUMERICE A PROCESULUI DE SOLIDIFICARE A PIESELOR TURNATE

Dr. ing. Soporan Vasile Filip, conferentiar Universitatea Tehnica Cluj-Napoca

C.Z.: 621.74.04

Cvasitotalitatea metalelor si aliajelor îsi încep viata lor de materiale printr-o etapa foarte importanta, aceea a solidificarii. Pentru toate produsele de turnatorie, aceasta etapa da materialului forma si structura sa. Pentru semiprodusele metalurgice destinate prelucrarii, buna realizare a acestei etape reprezinta un factor esential în asigurarea calitatii lor.

Astazi, tehnica solidificarii a cunoscut o evolutie rapida. Astfel, prin asigurarea unei calitati superioare si a unei productivitati ridicate, productia de piese turnate este competitiva cu productia de piese forjate sau sudate. Datorita progreselor realizate, piesele turnate se utilizeaza în subansamblele de mare securitate ale industriei aeronautice, constructiilor de masini si ale echipmamentului chimic si metalurgic.

Procedeele evolueaza rapid ca urmare a reusitelor din studiul fenomenelor care apar la solidificare. Aceasta tendinta se materializeaza prin aparitia unor produse noi, cum ar fi: piese turnate monocristaline, compozite cu o foarte buna rezistenta la cald, aliaje amorfe cu proprietati speciale, pulberi prealiate, tratamente superficiale obtinute prin topiri superficiale si solidificari rapide în microstrat, superaliaje cu structura obtinuta prin solidificare dirijata, semifabricate turnate continuu în câmp electromagnetic.

Lucrarea de fata îsi propune sa prezinte stadiul actual al modelarii la nivel macrostructural a solidificarii pieselor turnate. Se prezinta un scurt istoric al cercetarilor în acest domeniu si principalele tendinte care se desprind din studierea literaturii de specialitate.

Primele simulari numerice pe ordinator ale procesului de solidificare sunt facute de **Eyres** si de alti cercetatori americani care, începând cu anul 1946, au aplicat la studiul solidificarii unei piese simple metoda diferentelor finite.

Pehlke si colaboratorii sai, în anul 1970, au realizat un important studiu de fezabilitate al solidificarii pieselor turnate. Pentru aceasta, ei au verificat prin experimentari si calcule piese foarte simple turnate în forme clasice si au comparat diverse variante ale metodei diferentelor finite.

In 1985 **Ohnaka** pune la punct metoda diferentelor finite directe. **Patankar** a abordat metoda elementelor de volum, iar **Hang** a pus la punct metoda elementelor de frontiera.

Modelarea procesului de solidificare prin utilizarea metodelor numerice a facut obiectul a cinci conferinte internationale "MODELLING OF CASTING, WELDING AND ADVANCES SOLIDIFICATION PROCESSES".

Prima conferinta din aceasta serie, din 1980, a fost consacrata aspectelor termice si a fezabilitatii modelarii procesului de solidificare. A doua conferinta, din 1983, a prezentat primele calcule ale modelarii procesului de solidificare în trei dimensiuni a pieselor complexe si a posibilitatilor de modelare a curgerii aliajelor cu frontiera libera. A treia conferinta, din 1986, face legatura între modelarea procesului de solidificare si posibilitatea de comercializare a acestuia la scara industriala. A patra conferinta, din 1988, arata o maturitate a calculului tridimensional cu o amplificare a încercarilor la scara de laborator si la scara industriala. In acel cadru au fost prezentate încercarile de modelare a microstructurii obtinute. A cincea conferinta a avut loc la Davos în 1990; lucrarile conferintei vor fi prezentate în detaliu în cadrul lucrarii.

Aceste conferinte au jucat un rol decisiv în modelarea proceselor din turnatorie. Daca la începutul anilor '80, avansul în cercetarea modelarii proceselor de solidificare l-a avut S.U.A., la mijlocul anilor '80, Japonia a început sa joace un rol important, pentru ca începutul anilor '90 sa puna în evidenta elementele de avans specifice aduse de tarile europene.

Ultima conferinta internationala a abordat urmatoarea problematica: modelarea umplerii aliajelor, modelarea solidificarii aliajelor, determinarea proprietatilor termofizice ale aliajelor si materialelor din care sunt constituite formele si a coeficientilor de schimb termic, modelarea defectelor si a microstructurilor.

MODELAREA UMPLERII CAVITATII FORMEI

Acest subiect este relativ nou. Modelarea umplerii face apel la rezolvarea **Navier-Stokes** cu frontiera libera. Stiintific problema este foarte deschisa la ora actuala, mai multe echipe de cercetare sunt lansate în rezolvarea pronblemei. Profesorul Stoehr (S.U.A.), pionier în materie, a prezentat lucrarile sale recente în domeniul umplerii cavitatii formei. El a rezolvat problema, în diferente finite cu un procesor PC. S-a depus un efort "computational"

considerabil. 30 ore de functionare pentru 300000 noduri pe un ordinator *CONVEX*. Programul este în curs de comercializare. Partea negativa consta în faptul ca nu sunt prezentate rezultatele verificarilor experimentale.

Profesorul **Hansen** (Danemarca) a dezvoltat posibilitatile programului *MAGMASOFT* în materie de analiza a umplerii formei si solidificarii aliajelor.

Lipinski si echipa *MAGMASOFT* au comparat doua metode pentru modelarea umplerii, una bazata pe aproximarea fortelor sub care se desfasoara umplerea, alta pe rezolvarea ecuatiilor Navier-Stokes pe o metoda de tip *Sola-Vof*. Câmpul de temperatura în timpul umplerii este obtinut pentru piese de mare complexitate. Profesorul **Ohnaka** (Japonia) a prezentat lucrari interesante asupra curgerii aliajelor la joasa presiune. Acordul între calcule si experimente este bun în situatia în care umplerea cavitatii de catre aliaj este la un nivel scazut.

În caz contrar, nu exista o suprapunere buna între experiment si calcule. Acest lucru arata importanta în asigurarea calitatii calculului, a modului în care sunt impuse conditiile la limita.

Anzai (Japonia) a studiat prin raze X umplerea unei placi subtiri din aluminiu. Modelul este evasitridimensional, deoarece studiul pe directia verticala este simplificat. Acordul între calcul si experiment este bun.

Hwang (Taiwan) a prezentat o aplicatie în 3D a turnarii centrifugale. A fost studiata eficient influenta vitezei de rotatie, a vitezei de turnare, a temperaturii de turnare, a temperaturii formei asupra parametrilor procesului de solidificare.

Profesorul **Lewis** (Anglia) a prezentat lucrari interesante în domeniul modelarii umplerii cavitatii formei prin utilizarea elementelor finite.

Programele de calcul dezvoltate asupra curgerii aliajelor au progresat în mare masura, totusi aprecierea lor trebuie sa se faca cu mare prudenta. Acest lucru se datoreaza numarului limitat de noduri care pot fi luate pe grosimea piesei si a faptului ca nu s-au pus la punct metode de verificare experimentala.

MODELAREA SOLIDIFICARII ALIAJELOR

Profesorul Lewis (Anglia), care a jucat un rol esential în dezvoltarea metodelor de rezolvare a ecuatiei conductivitatii, a prezentat bilantul experientei dobândit de echipa sa în domeniul modelarii procesului de solidificare cu ajutorul metodei elementelor finite.

MAGMASOFT si *SIMULOR* dispun astazi de produse foarte interesante care trateaza umplerea si solidificarea într-un tot unitar, prin utilizarea metodei elementelor finite de tip volumic. Totusi, descrierea geometrica lasa de dorit. Imbunatatirea descrierii geometrice s-a realizat prin utilizarea metodei elementelor finite care ofera o mai mare selectivitate în alegerea densitatii discretizarii. Incovenientul consta într-o programare mai delicata si determina un timp computational mai mare. Aceasta determina o noua abordare în cercetarea ameliorarii algoritmilor de calcul.

Profesorul Pehlke (S.U.A.) a prezentat un cuplaj între elementele finite si elementele de frontiera care pune în corelatie timpul de calcul cu cel de discretizare.

Dr.Droux (Elvetia) a dezvoltat o **metoda bazata pe tehnica superpasului de timp** care permite tehnica de calcul explicita pe ordinatoare paralele.

Cross (Anglia) a dezvoltat un program de calcul paralel care functioneaza pe un ordinator Hipercube. Dificultatea metodei consta în sincronizarea calculelor de pe diferite procesoare. Rezultatele sunt impresionante, dupa parerea specialistilor.

Thomas (S.U.A.) a prezentat un **model tridimensional** pentru simularea solidificarii directionate a paletelor de turbina. Dificultatea pusa în evidenta în cadrul lucrarii se refera la impunerea conditiilor de schimb termic prin radiatie care evolueaza în permanenta pe parcursul solidificarii aliajelor. Calculul prin impunerea conditiilor de schimb radiant este realizat prin utilizarea programelor *FACET* si *TOPAZ* ale laboratorului *"LAWRENCE LIVERMORE"*. **Hediger** (Germania) a realizat un program similar aplicat paletelor de mare dimensiune. **Desbiolles** (Elvetia) a prezentat o **modelare în bidimensional** cu numeroase verificari experimentale.

In lucrarile autorilor mentionati, se considera ca transferul termic are loc prin contuctie si radiatie. Totusi, într-o serie de procedee, convectia naturala sau fortata poate afecta substantial câmpul termic si segregatiile din piesa turnata. **Flod** (Anglia) si **Meyer** (Franta) au prezentat calcule tinând seama de convectia care apare în cazul turnarii continue a aliajelor din aluminiu. Lucrarea lui **Roch** (Franta) este interesanta prin abordarea macrosegregatiei prezente la lingouri. Toate lucrarile prezentate au aratat ca este necesara abordarea în continuare a problemelor legate de convectie.

DETERMINAREA PROPRIETATILOR TERMOFIZICE ALE ALIAJELOR SI MATERIALELOR DIN CARE SUNT CONSTITUITE FORMELE SI ALE COEFICIENTILOR DE SCHIMB TERMIC

Numerosi autori au ajuns la concluzia ca abordarea oricarui model impune cunoasterea cu precizie marita a proprietatilor termofizice si a coeficientilor de schimb termic. Datorita acestui lucru, conferinta de la Davos a realizat o sectiune asupra parametrilor termofizici si a metodelor inverse de determinare a acestora. Numeroase echipe de cercetare au abordat

problema determinarii parametrilor termofizici (caldura specifica, conductivitate termica) si a coeficientilor de schimb termic.

Metodele inverse sunt foarte promitatoare. Ele constau în a face un calcul numeric invers, unde cunoasterea evolutiei temperaturii în piesa, prin masurare si a proprietatilor termofizice determina calcularea coeficientilor de schimb termic în functie de timp.

Lucrari interesante au prezentat **Voller** (S.U.A.), **Zbarras** (S.U.A.), **Evans** (Anglia) si **Spatzenegger** (Germania). Notam ca mai multi autori au utilizat metodele inverse fara a intra în detaliul prezentarii lor. Se pot mentiona si calculele termomecanice care permit estimarea grosimii lamelelor de aer formate la solidificare la interfata aliaj-forma.

MODELAREA DEFECTELOR SI A STRUCTURII OBTINUTE LA SOLIDIFICARE

Calculul nu constituie un scop în sine. Prezicerea defectelor si microstructurilor poate fi un rezultat posibil al activitatii de modelare.

Referitor la defecte sunt posibile mai multe demersuri, si anume:

» criterii de aparitie a defectelor prin calcule pur termice;

» calculul pierderilor termice în zona bifazica;

» calculul efectelor termomecanice în timpul racirii.

In cadrul primei problematici citam lucrarea lui **Sciama** (Franta), care consta în verificarea criteriului Niyama. Acest criteriu functioneaza bine în ansamblu, dar valoarea critica este diferita pentru fontele cu grafit nodular fata de cea propusa de Niyama.

Prabhakar a prezentat o aplicatie bazata pe realizarea unor corelatii în vederea prevederii unor defecte în aliajele pe baza de aluminiu.

Louvo (Finlanda) a prezentat un cuplaj între metodele de calcul cu elemente finite si regula modulelor de racire.

Al doilea grup de probleme a fost aplicat pentru aliajele pe baza de aluminiu. Ohnaka (Japonia) a efectuat calcule privind pierderile termice tinând seama de aparitia bulelor de hidrogen, utilizând metoda diferentelor finite. In cadrul acestei probleme ramân numeroase aspecte care urmeaza a fi rezolvate, si anume: partea experimentala, modelarea zonei bifazice, conditiile la limita.

Al treilea grup de probleme consta în a calcula eforturile termomecanice care se dezvolta la solidificare. Studii în aceasta directie au fost facute de **Alexandre** si **Ben Cheikh** (Franta). Modelarea microstructurilor este de mare importanta, caci ea conditioneaza proprietatile mecanice ale materialelor. Aceste probleme au fost introduse de profesorul **Lesoult** de la ENM Nancy. Eficacitatea în rezolvarea acestor probleme a fost pusa în evidenta în cazul turnarii continue a otelurilor.

Thevoz (Elvetia) a prezentat modelele cresterii cristalelor pentru diferite morfologii echiaxiale.

Dantzing (S.U.A.) a prezentat modelul cuplarii, germinarii si cresterii cristalelor în cazul fontelor cu grafit nodular, folosind metoda elementelor finite.

Lacaze (Franta) a prezentat modelarea minisegregatiilor care apar la solidificarea fontelor cu grafit nodular.

Mampaey (Belgia) a prezentat modelarea solidificarii fontelor cu grafit nodular si a fontelor cu grafit lamelar.

Lundback (Suedia) a prezentat un model al prezicerii microstructurii dupa solidificare si dupa racirea pieselor turnate.

CONCLUZII

Europa este preocupata intens de studierea fenomenului de solidificare si de îmbunatatire a calitatii pieselor turnate. In momentul de fata exista doua programe complexe, cu participare europeana, care vizeaza procesul de solidificare. Programul *HUBERT* se bazeaza pe o noua viziune a tehnologiilor de turnare într-o turnatorie a viitorului, precum si pe utilizarea calculatoarelor în procesul turnarii si optimizarii formei semifabricatelor turnate. Cooperarea dintre tarile nordice a fost foarte fructuoasa, aceasta fiind inclusa într-o colaborare mai larga în cadrul programului *COST 504*. In cadrul programului *COST 504* se actioneaza prin trei grupuri mari de proiecte de cercetare si anume:

- Asigurarea controlului calitatii produselor turnate
- Procese avansate de turnare
- Modelarea procesului de solidificare.

In cadrul programului de cercetare, activitatea este realizata de zece tari europene. Bugetul alocat pentru aceste proiecte este de aproximativ 14 Mio ECU. Jumatate din bugetul total de cercetare este alocat îmbunatatirii calitatii produselor si pentru dezvoltarea procedeelor avansate de turnare. Cealalta jumatate este investita în modelarea proceselor de solidificare. Rolul foarte important pe care modelarea solidificarii îl joaca în cadrul programului *COST 504* se explica prin faptul ca acest domeniu de cercetare are o importanta strategica în realizarea unor produse noi, ieftine si mai fiabile.

In România, lucrarile autorului acestui articol se înscriu printre primele cercetari care abordeaza acest complex domeniu de activitate, teza de doctorat elaborata [1] fiind o sinteza a acestor cercetari.

BIBLIOGRAFIE

[1] **Soporan V.**: *Contributii privind modelarea macrostructurala a solidificarii pieselor turnate.* Teza de doctorat, Universitatea Tehnica Cluj-Napoca, septembrie, 1993

[2] **Rappaz M. s.a:** *Modeling of Casting Welding and Advanced Solidification Processes.* Proceedings of the Fifth International Conference on Modeling of Casting and Welding Processes, Davos, 1990

REVISTA REVISTELOR

Nicolae Gheorghiu

REFORMA ÎNTR-O ÎNTREPRINDERE CHINEZA

In: **Vremea**, nr.450, 1994, p.4

In apropierea Beijingului se afla Shougang, Societatea Siderurgica a Capitalei. Este una dintre unitatile pilot în aplicarea reformei economice din China, considerata ca model în acest sens. La începutul reformei, în 1979, era socotita ca un simbol al industriei siderurgice demodate si învechite. In 14 ani, a devenit una dintre cele mai moderne si mai mari unitati din lume. S-a dezvoltat necontenit, si-a diversificat activitatea, si-a extins-o în cuprinsul Chinei si al mai multor tari de pe glob. Ea controleaza azi 12 mari companii, 146 uzine si mine, 75 de întreprinderi prin cooperare sau cu capital mixt din China si 18 întreprinderi din alte tari, cu capital în exclusivitate chinez sau cu capital mixt. Are 270.000 de angajati si bunuri imobiliare care depasesc 30 de miliarde de yuani.

Toate acestea sunt rodul noii politici economice din China, mai ales al autonomiei acordate întreprinderilor, prin separarea puterii de stat de aceea a unitatilor, neamestecului în conducerea întreprinderilor, acestea urmând sa se dezvolte prin mijloace proprii, asumându-si atât câstigurile cât si pierderile. Având "mâna libera", colectivul unitatii a început printr-o ampla retehnologizare. Circa 5 miliarde de yuani au fost destinati transformarii si modernizarii principalelor echipamente industriale. Au fost aplicate peste 4000 de proiecte în acest sens, dintre care 118 au constituit lucrari-cheie la furnalele înalte, convertizoare si laminoare realizate cu echipamente de nivel mondial, multe importante. Iar daca în 1978 productia de otel a fost de numai 1,79 milioane de tone, în 1992 ea a atins 5,7 milioane tone. In acelasi rastimp, beneficiile au sporit de 10 ori, de la 299 milioane yuani, la 3,2 miliarde.

Din aceste beneficii, o mica parte a fost varsata statului ca impozit, restul ramânând la dispozitia unitatii. Este stabilit totusi un sistem forfetar privind utilizarea lor. Conform acestuia, 60% din profitul net este destinat dezvoltarii productiei, 20% - îmbunatatirilor de ordin social, iar 20% - salariilor si primelor. Cresterea continua a beneficiilor a înlesnit atât amplificarea activitatii economice, cât si îmbunatatirea neîncetata a nivelului de trai material si spiritual al angajatilor. S-a dezvoltat considerabil industria electronica, 3000 de tehnicieni cu o înalta calificare lucrând în acest domeniu. A luat fiinta un sector de constructii navale, în 1992 fiind realizat primul cargou chinez cu bene basculante de 3000 de tone. Exista un mare santier de constructii care a si ridicat hoteluri turistice în diverse orase precum Beijing, Dalian, Huangshan etc. Intreprinderea a înfiintat prima banca proprie din China. Ea s-a extins treptat si în strainatate prin cumpararea a 70% din actiunile unei mari companii americane, a unei mari mine de minereu de fier din Peru si 18 întreprinderi cu Grupul Changshi din Hong Kong. Peste 1150 de functionari se ocupa de comertul exterior.

Cresterea profiturilor a dus la sporirea an de an a partii destinate ameliorarii conditiilor de viata si de munca. Daca în primul an de reforma au fost afectate acestui scop 10 milioane de yuani, în 1992 suma s-a ridicat la 350 de milioane! Modul lor de utilizare este decis la adunarea salariatilor. Pe baza hotarârilor acesteia, s-au construit mari ansambluri de locuinte însumând 2 milioane de m^2 suprafata locativa, gradinite pentru copii si crese moderne cu o capacitate de 10000 de locuri etc. Salariile au crescut an de an. Prin realizarile sale, prin exemplul sau, Societatea Siderurgica a Capitalei dovedeste ca reforma întreprinderilor publice în China este aducatoare de mari sperante.

METODA DE ANALIZA A CALITATII SUPRAFETELOR PIESELOR OBTINUTE PRIN PROCESARI METALURGICE SAU MECANICE (I)

Dr.ing. Balescu Cezar, conferentiar Universitatea "Politehnica" Bucuresti

C.Z.: 621.9.042

Consideratii generale

Calitatea suprafetelor produselor metalice folosite în constructia de masini are o importanta deosebita, influentând în mod direct proprietatile mecanice si de exploatare ale acestora.

Aprecierea calitatii acestor suprafete se face prin determinarea rugozitatii lor. In prezent, determinarea rugozitatii se face prin doua metode de baza, respectiv metoda compararii si metoda palparii. Aceste metode prezinta unele inconveniente, astfel, valorile obtinute prin metoda palparii nu au o precizie corespunzatoare iar în acest caz este necesara deplasarea în permanenta a unui palpator pe suprafata investigata - metoda fiind limitata din punct de vedere al domeniului de valori a rugozitatilor ce pot fi masurate.

In lucrarea prezenta se propune o noua metoda de inspectie a calitatii suprafetelor materialelor

Fig. 1
Schema pentru calculul criteriului R_a
R_a criterion computation diagram

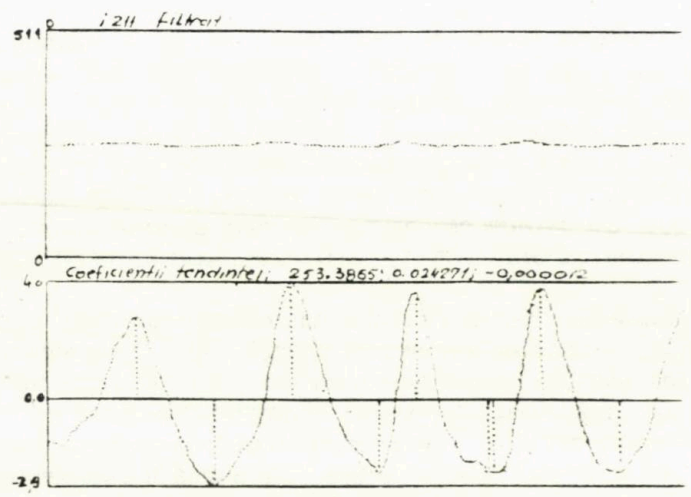


Fig. 2
Schema pentru calculul criteriului R_z
R_z criterion computation diagram

metalice (dar nu numai) obtinute prin diverse forme de procesare.

Aceasta metoda are la baza folosirea sistemului de vedere (VA) artificiala pentru determinarea valorilor criteriilor pe baza carora se estimeaza valoric rugozitatea unei suprafete, respectiv criteriul Ra si Rz definiti astfel:

* Ra - reprezinta abaterea medie patratica a înaltimilor asperitatilor suprafetelor investigate, si se calculeaza cu relatia:

$$Ra = \frac{1}{L}\int_0^L |y_r - R_p|\,dx$$

* Rz - reprezinta înaltimea medie a asperitatilor calculata cu relatia:

$$Rz = \frac{\sum_{k=1}^{5} (-1)^{k+1} R_k}{5}$$

In figurile 1 si 2 se prezinta grafic modul de calcul al criteriilor Ra si Rz de pe profilogramele obtinute prin metoda palparii, evidentiind si semnificatia termenilor care apar în relatiile anterioare.

Scurta prezentare a sistemului de vedere artificiala

Un sistem de vedere artificiala (**VA**) este compus în general dintr-un dispozitiv de obtinere a imaginii digitale, respectiv camera **TV** cu tub **VIDICON**, procesor specializat de achizitie si prelucrare primara a imaginilor (frame grabber), calculator specializat pe functii de procesare a imaginii.

Camera capteaza imaginea optica a obiectului si o transforma în semnal electric.

Achizitia si digitizarea imaginii

Termenul de **imagine** pentru problema analizata se refera la o functie bidimensionala a intensitatii luminoase **f (x, y)**, în care **x** si **y** determina coordonatele spatiale, iar valoarea lui f în orice punct de coordonate (x, y) este proportionala cu stralucirea (sau nivelul de gri) imaginii în acel punct. O imagine binara este o imagine **f (x, y)** care a fost discretizata atât spatial cât si din punct de vedere al stralucirii.

Imaginea binara poate fi considerata o matrice având ca indici ai elementelor componente coordonatele x si y elementele numindu-se pixeli si reprezentând nivelul de gri (I) din punctul de coordonate (x, y).

Având în vedere ca lumina este o forma de energie, functia **f (x, y)** va fi diferita de zero si finita. In aceste conditii valoarea lui **I** va apartine unui interval bine definit, si anume I∈ [L(min.), L(max.)]. Acest interval fiind definit **scala nivelelor de gri**.

Pentru aplicatiile practice acest interval este supus unei translatii prin care se obtine un interval [O, L], în care I = O corespunde culorii negru iar I = L corespunde culorii alb, valorile intermediare din interval fiind nuante de gri.

O functie imagine **f (x, y)** pentru a fi procesata la un nivel înalt, este necesar sa fie digitizata spatial prin esantionarea imaginii si în amplitudine prin cuantificarea nivelelor de gri. Numarul de esantioane si nivele de gri necesar pentru a obtine o reproducere utila a unei imagini reale depinde atât de imagine cât si de aplicatie. Frecvent, un sistem (VA) minim necesita o rezolutie spatiala de ordinul 256x256 pixeli cu 64 nivele de gri.

Informatia vizuala este convertita în semnale electrice de catre senzorii vizuali (în acest caz camera TV), semnale care esantionate spatial si cuantificate în amplitudine produc o imagine digitala.

Conversia analog - numerica a imaginii

Sistemul de vedere artificiala destinat prelucrarii imaginii necesita o putere de calcul foarte mare care nu poate fi acoperita de o structura monoprocesor. In acest caz se utilizeaza o arhitectura de tip multiprocesor, având cel putin doua structuri fizice asociate celor doua nivele de procesare a imaginii:

- *nivelul de achizitie si prelucrare primara a imaginii;*
- *nivelul înalt de prelucrare a imaginii digitizate stocat în memoria imagine.*

In ansamblul sau sistemul de vedere artificiala este structurat ierarhic pe doua nivele functionale. Nivelul ierarhic inferior fiind realizat cu un procesor specializat în achizitia si prelucrarea primara a imaginii, realizând si conversia analog - numerica. Informatia de la acest nivel este transmisa nivelului ierarhic superior, constituit de calculatorul specializat pe functii de procesare a imaginii.

Principiul metodei de determinare a rugozitatii cu sistemul VA

Pentru inspectia unei suprafete în vederea determinarii rugozitatii prin aceasta metoda a fost folosit un sistem compus din:

- microscop având obiective cu factorul de marime de 25; 37,5; 50;
- sursa de iluminare a suprafetei probei;
- sistem optic de realizare a fasciculului de lumina colimata;
- obstacolul plasat pe proba investigata pentru realizarea planului de sectiune luminoasa;
- sistem de fixare a probei;
- camera video matriciala;
- interfata;
- calculator specializat

Unghiul dintre axa optica a microscopului si axa sistemului de iluminare este de 90^0. Pentru a realiza acest lucru proba este fixata pe un dispozitiv care pozitioneaza proba sub un unghi de 45^0 fata de orizontala mesei microscopului. Fasciculul sursei de

iluminare a probei are unghiul de incidenta cu planul probei de 45^0.

Lumina folosita trebuie sa fie colimata pentru a permite o cât mai buna delimitare între umbra lasata de obstacol si planul de lumina.

Experientele realizate sunt prelucrarea de catre camera matriceala prin intermediul microscopului a sectiunii luminoase determinate de fasciculul de lumina colimata proiectata pe suprafata cercetata. Aceasta suprafata nefiind perfect neteda a determinat ca linia de intersectie a planului fasciculului luminos cu suprafata cercetata sa apara ca o curba care reproduce toate asperitatile zonei cuprinse în câmpul vizual al ansamblului microscop - camera. Imaginea preluata a avut o rezolutie superioara la un factor de marire cuprins între 25 si 100.

Procedura de extragere a functiei tip rugozitate

Datele care descriu profilul (perechile de coordonate (x, y)) sunt achizitionate de sistemul (VA) si depuse într-un fisier disc în vederea prelucrarii ulterioare.

Datele salvate se gasesc sub forma unei secvente de 512 esantioane întregi, cu valori cuprinse între 0 si 511. Aceste valori corespund ordonatei extrase în dreptul fiecarui pixel al imaginii.

Toate calculele numerice se fac în pixeli. Lungimea L a esantionului este de 512 pixeli, criteriile Ra si Rz fiind calculate în pixeli.

Este posibil ca profilul analizat sa nu fie linear, sau chiar daca este linear, sa nu fie asezat orizontal, sau proba analizata sa nu fie orizontala. S-a considerat ca profilul are o forma polinomiala de gradul cel mult doi (linear sau parabolic), dar sunt posibile si alte abordari (profil exponential, periodic etc.).

Daca se considera N numarul de esantioane (în cazul de fata 512) si y (x) semnalul analizat, cu x = 1, 2, ...N, va trebui sa se determine un polinom de forma:

$$P_T(x) = a_0 + a_1 x + a_2 x^2,$$

care sa aproximeze optim, în sens mediu patratic, semnalul y (x).

In vederea limitarii complexitatii calculelor se foloseste metoda polinoamelor ortogonale, care practic reduce la jumatate gradul maxim al sumelor ce trebuie calculate. Se considera polinomul PT (x), scris sub forma:

$$P_T(x) = b_0 w_0(x) = b_1 w_1(x) + b_2 w_2(x),$$

în care w_i (x) sunt polinoame ortogonale de ordinul unu (i = 1, 2, 3).

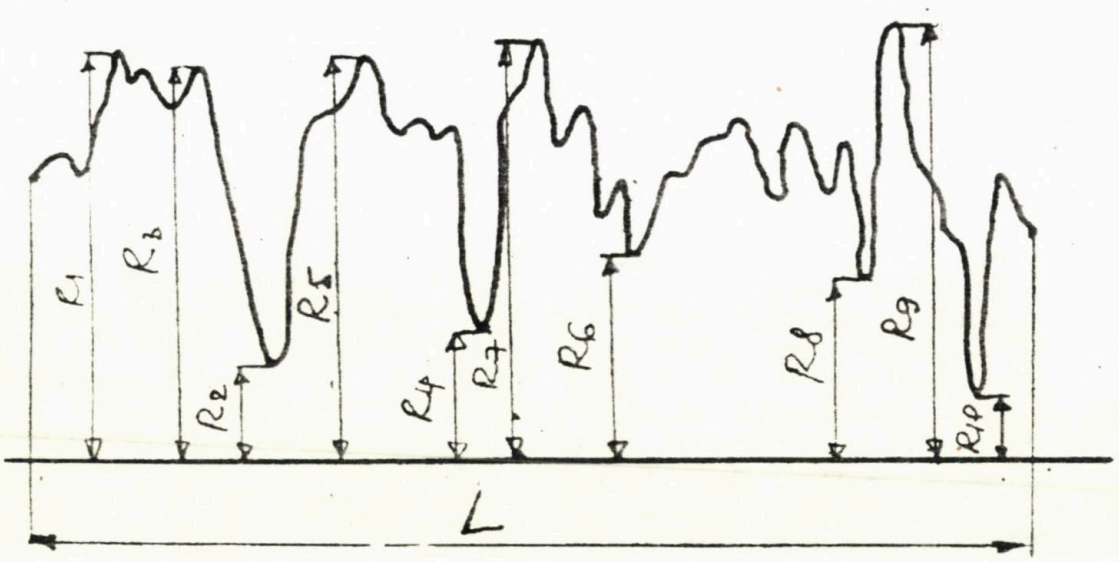


Fig. 3

Profilograma obtinuta cu metoda propusa
Profile diagram resulted from suggested method

Coeficientii polinoamelor ortogonale se pot calcula off-line si depind de numarul de esantioane N. Astfel, polinoamele ortogonale $w_i(x)$ sunt de forma:

$w_0(x) = g_{00}$

$w_1(x) = g_{10} + x$

$w_2(x) = g_{20} + g_{21}x + x^2$

iar coeficientii g_{ij} au valorile:

$g_{00} = 1$

$g_{10} = -(N + 1)/2$

$g_{20} = (N + 1)(N + 2)/6$

$g_{21} = -(N + 1)/2$

Coeficientii b se determina pe baza estimatiei celor mai mici patrate cu relatiile:

$$b_0 = \frac{\sum_{x=1}^{N} y(x)}{N} \; ; \; b_1 = \frac{\sum_{x=1}^{N} y(x)w_1(x)}{\sum_{x=1}^{N} w_1^2(x)}$$

$$b_2 = \frac{\sum_{x=1}^{N} y(x)w_2(x)}{\sum_{x=1}^{N} w_2^2(x)}$$

Coeficientii polinomului de tendinta vor fi:

$a_0 = b_0 + g_{10}b_1 + g_{20}b_2$

$a_1 = b_1 + g_{21}b_2$

Dupa determinarea polinomului de tendinta, acesta se extrage din semnalul analizat, obtinându-se un semnal de medie nula.

Semnalul obtinut este prelucrat în continuare în sensul filtrarii pentru a se asigura o variatie neteda a semnalului, eliminându-se maximele si minimele locale false. Dupa filtrare se determina maximum si minimum local, se ordoneaza aceste valori si se retin primele 5 valori absolute, daca exista, în ordine descrescatoare.

Cu ajutorul acestor 10 valori se determina criteriul Rz; criteriul Ra determinându-se prin calculul valorii medii absolute a semnalului filtrat. In figura 3 este prezentat o profilograma obtinuta pe imprimanta folosind metoda si instalatia prezentate.

Pe graficul din figura 3 sunt specificate urmatoarele:

- *denumirea probei investigate codificat (în acest caz i211);*
- *semnalul initial, trasat la o scara 0... 511 pe verticala (date initiale);*
- *coeficientii numerici ai polinomului tendintei în ordinea descrescatoare a gradului;*
- *semnalul prelucrat (dupa extragerea tendintei si filtrare) scalat între valorile minime si maxime afisate;*
- *valorile criteriilor Ra si Rz.*

Procedura de extragere si calculul parametrilor de rugozitate

Exista doua metode optice de determinare a rugozitatii (metoda sectionarii luminoase si metoda bazata pe fenomenul de interferenta a luminii) care pot constitui metode de baza pentru racordarea într-un sistem de analiza automata a imaginii.

Restrictiile asupra preciziei de masurare, determinate de utilizarea unui sistem de analiza automata a imaginilor se datoreaza doar rezolutiei de digitizare a imaginii si nu de rezolutia de digitizare a intensitatii luminoase. Acest lucru se datoreaza faptului ca informatia utila este tip forma (pentru metoda sectiunii luminoase) si respectiv pozitie a franjelor de interferenta (pentru metoda bazata pe fenomenul de interferenta).

Sistemul este prevazut cu o sectiune de îmbunatatire a contrastului imaginii achizitionate prin analiza histogramei nivelelor gri.

Astfel, dupa ce este facuta o binarizare optima a imaginii, extragerea profilului si extragerea si eliminarea tendintei, se trece la calculul propriu-zis al parametrilor Rz si Ra pe baza relatiilor mentionate.

BIBLIOGRAFIE

[1] **Borangiu Th.**, s.a.: *Vedere artificiala în robotica.* U.P.B., Bucuresti, 1993

[2] **Enache, St.** : *La qualité des surfaces usinées.* Dunod, Paris, 1982

REVISTA REVISTELOR

STAL, FEDERATIA RUSA, 1993, Nr. 5

- Evidenta factorilor tehnologici si economici la rezolvarea problemelor de ecologie în cadrul productiei de aglomerat, p. 86

- Instalatia de ardere cu gaze de cocserie, pp. 92

TENDINTE SI PREOCUPARI ÎN DOMENIUL ELABORARII DE NOI MATERIALE PRIN PROCEDEELE METALURGIEI PULBERILOR

Dr.ing.Vida-Simiti Ioan, conferentiar Universitatea Tehnica Cluj-Napoca

C. Z. : 621.762

Unul din factorii importanti care concura la realizarea utilajelor si aparatelor performante este materialul utilizat. Procedeele metalurgiei pulberilor (M.P.) ofera posibilitati de elaborare a materialelor si de fabricarea a pieselor cu diverse proprietati, care acopera o gama larga de utilizari si conditii de functionare [1]. Se poate afirma ca unele materiale sau piese cu proprietati speciale impuse pot fi eleborate numai prin procedeele tehnologice al M.P., utilizând ca materii prime pulberile metalice si nemetalice. Din punct de vedere tehnologic aceste procedee prezinta flexibilitate ridicata, dar cu costuri de productie mai mari decât cele pe care le ofera tehnologiile clasice.

In ultimul deceniu si în anii urmatori s-au manifestat preocupari intense si tendinte în cercetarea stiintifica si practica productiva în domeniul crearii de noi tipuri de materiale din pulberi. Materialele eleborate prin procedeele M.P., tratate în lucrare, se pot clasifica în urmatoarele tipuri:

- *materiale de rezistenta (de constructie);*
- *materiale tribotehnice - antifrictiune si frictiune;*
- *materiale bogat-aliate (oteluri inoxidabile, oteluri rapide, aliaje dure si extradure);*
- *materiale ceramice;*
- *aliaje ale metalelor usoare;*
- *materiale compozite;*
- *materiale poroase permeabile.*

Volumul utilizarii materialelor elaborate prin M.P. se extinde în domeniile masinilor agricole, industriei constructoare de masini, masini-unelte, automobile, constructia de aparate, microelectronica, tehnica nucleara, tehnica de calcul, tehnica aerospatiala. Cel mai important utilizator este industria de automobile cu circa 70% (în tone) din productia totala de piese obtinute pe plan mondial prin procedeele M.P. [2].

Materiale de rezistenta

Cea mai mare raspândire au obtinut materialele de constructie pentru piesele de rezistenta pe baza de fier. Proprietatile pulberilor din otel carbon variaza într-un domeniu larg, a caror valori depind de continutul de carbn, tipul materiei prime utilizate si tehnologia de elaborare. In functie de conditiile de rezistenta impuse, piesele din pulberi metalice pot fi utilizate pentru a functiona la solicitari reduse, medii si înalte. Piesele destinate sa functioneze în conditii extreme (limita) sunt supuse operatiilor tehnologice de prelucrare termomecanica, care asigura îmbunatatirea proprietatilor fizico-mecanice si atingerea valorii rezistentei la rupere de 100 MPa. Utilizarea presarii izostatice la cald asigura densitati ridicate ducând la cresterea rezistentei la oboseala de 2-3 ori si la valori ridicate ale rezistentei la soc.

Pentru solicitari mecanice mari se utilizeaza piese din pulberi pe baza de fier, aliate cu Ni, Mo, Cr, Cu. Tratamentele termice ale pieselor sinterizate din pulberi de otel aliat cu Ni si Cr, au ca efect cresterea rezistentei la rupere la 210... 230 MPa, duritatea la 900 MPa, îmbunatatindu-se de asemenea rezistenta la oboseala [3].

Nomenclatorul pieselor de rezistenta din pulberi se dezvolta continuu. Piesele puternic solicitate, de gabarit mare si forma complexa, de tipul rotilor dintate, arborilor cu came, rotilor dintate de curea, reperelor pentru sincronizatoarelor cutiilor de viteze pot fi realizate utilizând ca operatii de formare-calibrare, sintermatritarea, presarea în matrite divizate, presarea izostatica la cald, presarea/matritarea orbitala, realizarea elementelor componente simple si asamblarea piesei complexe prin sudare.

Materiale tribotehnice

Au fost obtinute progrese importante în domeniul elaborarii materialelor destinate cuplelor de frecare: lagare autolubrifiante si discuri de frictiune pentru cuplaje si frâne. Utilizându-se tehnologii de fabricatie diverse se ofera un mare sortiment de materiale antifrictiune si frictiune de compozitie complexa.

Una din problemele actuale în domeniul M.P. este elaborarea de materiale antifrictiune pentru sarcini grele si conditii de lucru în mediu abraziv, a cuplelor de frecare. Astfel de materiale sunt necesare, de exemplu, la fabricarea lagarelor pentru sapele de foraj. Problema se rezolva prin utilizarea materialelor antifrictiune compozite din granule sferice dure (stelite) rezistente la uzura înglobate în matrice metalica a unui bronz plastic, care are rolul de a prelua sarcina pe suprafata de frecare si de a distribui eforturile datorate sarcinii exterioare, pe suprafata lagarului. Se pot înlocui astfel rulmentii cu role sau cu bile, permitând cresterea vitezei cuplei de frecare de apx. 2,5 ori si ca urmare cresterea vitezei si productivitatii de sapare în roca.

Materialele antifrictiune compuse dintr-o carcasa sinterizata de pulbere sferica de bronz impregnata cu fluoroplast (teflon) sunt utilizate la fabricarea lagarelor de alunecare pentru turbine care permit reducerea masei si gabaritului turbinei cu apx. (15 ÷ ÷ 20) %. Utilizarea acestor tipuri de materiale a permis fabricarea cuplelor de frecare pentru lagarele care lucreaza fara ungere.

Prin elaborarea materialelor antifrictiune pe baza de Ni si Fe aliate cu Mo, Cr, W, Va, iar în calitate de lubrifiant solid continând fluorura de calciu, se pot realiza lagare de alunecare care functioneza fara lubrifiere la temperaturi de 400 ÷ 600^{0}C. Materialele antifrictiune Cu-grafit (10%) cu un adaos de sulf si bisulfura de molibden au un coeficient de frecare de 0,09 ÷ 0,15 fiind capabile sa functioneze cu fiabilitate ridicata la viteze de alunecare de 50 ÷ 100 m/s fara pericolul aderarii la materialul conjugat al cuplei de frecare [3].

O posibilitate de îmbunatatire a rezistentei la uzura a materialelor antifrictiune este consolidarea (armarea) structurii cu un component sub forma de fibra. Astfel, aliaje pe baza de cupru, în care s-a introdus 20 ÷ 30 % fibra de carbon, depasesc valorile rezistentei la uzura a bronzurilor fosforoase si manganoase [4]. Introducerea fibrelor de carbon în aliajelor Cu- Al reduc si coeficientul de frecare. In materialele antifrictiune pe baza de Fe si Cu se propune introducerea fibrelor de oxizi de Al, Zr, Si în scopul cresterii rezistentei la uzura.

Reducerea masei cuplelor de frecare se asigura prin elaborarea materialelor antifrictiune pe baza de Al. Un astfel de material este aliajul sub forma de pulbere pe baza de Al cu urmatoarea compozitie: 6,0 ÷ 8 % Mn; 0,5 ÷ 2 % Fe; 2,0 - 5,0 % Cu; 1,5 ÷ 4 Mg; 0,3 ÷ 0,5 % Zr, iar în calitate de adaos de antifrictiune 2,0 ÷ 5,0 % MoS_2, care se compactizeaza prin extrudare [3].

In domeniul elaborarii materialelor de frictiune (cu coeficient de frecare marit) pentru frâne, cuplaje si alte mecanisme de transmisie, cercetarile continua asupra materialelor pe baza de Cu si Fe. Componentul de baza în material este în procent de 65- 90 %, în care se introduc elemente de aliere cu functii de frictiune si antigripante. Materialele de frictiune pe baza de cupru (bronzuri) se utilizeaza, de regula, pentru functionari în mediu de ulei, iar cele pe baza de fier sunt destinate pentru cuplaje si frâne care lucreaza în conditii de frecare uscata. Materialele de frictiune pe baza de cupru ofera un coeficient de frecare în jur de 0,1 ÷ 0,2 iar cele pe baza de fier în conditii de frecare uscata, 0,3 ÷ 0,4. In scopul majorarii coeficientului de frecare se introduc adaosuri de oxid de aluminiu, siliciu, zincroniu, magneziu, calciu, crom si de asemenea nitruri, carburi etc. Ca antigripanti se utilizeaza grafitul, plumbul, fluorurile, sulfurile.

Pentru functionarea în conditii de frecare uscata s-au elaborat materiale pe baza de bronz care asigura valori de 0,4 ÷ 0,5 ale coeficientului de frecare la viteze de alunecare de 40 m/s materiale pe baza de fier având coeficientul de frecare de 0,45 ÷ 0,6. Aceste materiale antifrictiune produse de firma "Miba Sintermetall" pot fi utilizate la sistemele de frânare si la cuplajele avioanelor, automobilelor, tractoarelor, masinilor- unelte si a altor masini si utilaje a caror mecanisme de transmisie sunt solicitate la sarcini mari.

O preocupare actuala în acest domeniu este simplificarea tehnologiei de fabricatie a discurilor de frictiune, respectiv realizarea stratului activ de frictiune utilizând procedeul de depunere pe discul - suport prin pulverizarea cu plasma a materialului de frictiune care initial se afla sub forma de amestec de pulberi, urmata de sinterizare.

Materiale bogat aliate

Dezvoltarea privind aplicarea procedeelor oferite de M.P. are loc si prin cercetarile si realizarile în domeniul elaborarii de noi materiale din clasa celor bogat aliate: otelurile inoxidabile, otelurile rapide, aliajele refractare si altele. Piesele sinterizate din pulberi de otel inoxidabil (20% Cr; 18% Ni; 6% Mo) reprezinta 1-2 % din volumul total al productiei M.P. Pulberile de otel inoxidabil au o utilizare din ce în ce mai larga pentru obtinerea tuburilor necesare industriei petroliere, a diverselor piese din componenta utilajelor chimice, a pompelor pentru combustibili, a pieselor de înalta rezistenta pentru automobile si instalatii de foraj, precum si pentru obtinerea materialelor poroase permeabile (filtre, opritoare de flacari, schimbatoare de caldura etc.)[5].

Progrese importante au fost atinse în domeniul elaborarii de noi materiale pentru scule prin procedeele M.P., materiale care asigura utilizarea unor regimuri intensive de prelucrare prin aschiere, stantare, matritare, tragere etc. M.P. deschide posibilitatea elaborarii unei game largi de materiale, de scule de tipul aliajelor dure si extradure, fara wolfram, care este un metal deficitar, prin utilizarea carburilor, metalelor greu fuzibile, a cermetilor, nitrurilor, borurilor, carbonitrurilor în calitate de faza

dura si a nichelului, cobaltului, în calitate de liant. Se pot obtine astfel materiale de scule cu proprietati complexe pentru diverse conditii concrete de prelucrare.

Tehnologiile oferite de M.P. prezinta avantajul elaborarii unor oteluri rapide asemanatoare celor obtinute prin tehnologiile clasice, dar cu proprietati fizico-mecanice si de exploatare net superioare. Sculele aschietoare si matritele confectionate din oteluri rapide prin procedeele M.P. au o durabilitate de 5 ÷ 7 ori mai mare în raport cu a celor realizate prin tehnologiile clasice ale industriei matalurgice. De asemenea, rezistenta la uzura a otelurilor rapide obtinute prin M.P. este de 1,5 ÷ 3 ori mai mare în comparatie cu a celor obtinute prin turnare. Cresterea rezistentei la uzura a otelurilor rapide este motivata de gradul înalt de aliere care poate fi realizat prin M.P. în comparatie cu a celor turnate la care apare fenomenul de segregare în timpul cristalizarii si care limiteaza deci continutul elementelor de aliere.

Otelurile rapide se mai utilizeaza la fabricarea pieselor de uzura a mecanismelor de închidere a fluidelor (supape), a pompelor, motoarelor de automobile datorita proprietatilor superioare privind rezistenta la uzura si rezistenta la oboseala. Astazi în lume exista peste 20 firme care produc oteluri rapide pentru scule prin procedeele M.P.

Se intensifica cercetarile în scopul elaborarii de noi aliaje dure si extradure pentru fabricarea sculelor aschietoare care sa lucreze cu viteze de aschiere pâna la 250 m/min, cermeti, materiale ceramice pe baza de nitrura de siliciu, pentru viteze de aschiere de pâna la 800 m/min, pe baza de diamant sintetic (300 m/min) si nitrura de bor. Posibilitatea aschierii cu asemenea viteze asigura productivitati mari ale prelucrarii prin aschiere si calitate înalta a suprafetelor prelucrate apropiate de cele oferite prin rectificare.

Proprietatile aschietoare ale aliajelor dure pe baza de carburi de W si Ti, Ta, Nb cu cobalt, pot fi îmbunatatite prin reducerea marimii granulelor carburii la valori inferioare unui micron.

Aliajele metalelor usoare

In ultimii ani a crescut interesul utilizarii metodelor M.P. pentru crearea si elaborarea de noi aliaje ale metalelor usoare ca Al si Ti.

In calitate de elemente de aliere se folosesc Fe, Ni, Ti, Mg, Li, Cr, Zr, Co. Optimizarea proprietatilor se asigura prin utilizarea pulberilor metalice obtinute prin pulverizarea topiturii cu racire rapida sau prin macinarea la nivel micronic sau submicronic a granulelor cu aliere mecanica.

Rezistenta la rupere a aliajelor de aluminiu elaborate prin procedeele M.P.,creste pâna la 60 MPa, temperatura de functionare se ridica cu 200 ÷ ÷300^{0}C, iar modulul de elasticitate creste cu 15% [6].

Se intensifica cercetarile în domeniul elaborarii materialelor compozite pe baza de Al, ca material de consolidare (armare) fiind folosite fibrele de carbon, granulele pulberii sau fibrele de carbura de siliciu sau nitrura de titan.

O posibilitate de îmbunatatire a proprietatilor aliajelor din aluminiu este utilizarea litiului ca element de aliere. Fiecare procent de litiu adaugat reduce densitatea si creste modulul de elasticitate cu 6%. Aliajul Al-4Cu-3Li-0,5Zr are rezistenta la rupere 51MPa si alungirea la rupere 7% [7].

La studiul tehnologiilor de elaborare a aliajelor din aluminiu se acorda o mare atentie procedeului de obtinere a pulberilor prin aliere mecanica. Prin macinarea amestecului de pulberi în mori vibratoare în conditii de vacuum se obtine pulberea fina a aliajului Al + 4Mg + 1,5Li, fiind utilizata la fabricarea pieselor necesare în tehnica constructiilor navale.

Utilizarea procedeelor de obtinere a pulberilor prin aliere mecanica sau pulverizarea topiturii cu racire rapida, presarea izostatica la cald, sintermatritarea, laminarea, extrudarea au dus la fabricarea pieselor din aliaje de aluminiu cu proprietati refractare, capabile sa lucreze pâna la temperaturi de 400 ÷ 450^{0}C.

Materialele pe baza de pulberi din aliaje de aluminiu sunt utilizate la fabricarea pieselor pentru cuplele de frecare a pieselor pentru pompe centrifuge, cilindri pentru motoare cu ardere interna etc.

Un interes deosebit se acorda în ultimii ani, fabricarii pieselor din aliaje de titan prin procedee M.P. Cresterea coeficientului de utilizare a materialului oferit de aceste procedee permite reducerea costului acestor piese de 2 ÷ 3 ori. Materia prima poate fi pulberea aliata de Ti sau amestecul de pulberi din componentele initiale care va forma aliajul. Metoda de baza pentru obtinerea pulberii aliate de titan este pulverizarea cu plasma a topiturii. Din pulberile aliajului Ti + 6Al + 4V, utilizând presarea izostatica la cald la 920^{0}C în atmosfera de argon s-au fabricat piese cu un coeficient de utilizare a materialului de circa 81%, cu structura uniforma rezistenta la oboseala si la coroziune ridicata, cost de productie redus cu 25 -35% fata de tehnologiile clasice. Aliajul Ti-10V- 3Al-2Fe având limita la curgere 120 MPa, alungirea la rupere 5%, gâtuirea 10% face concurenta otelurilor înalt aliate, fiind utilizat la fabricarea sasiului pentru avioane prin reducerea masei sasiului cu 22% [8].

Utilizându-se amestecul de pulberi din componentele initiale s-a obtinut aliajul Ti-6Al-4V, din care, prin procedeul presarii izostatice si a sinterizarii sau direct prin presarea izostatica la cald, au fost fabricate piese de constructie pentru rachete, având compactitatea de 95 ÷ 98 %, valoarea ce-i confera materialului o plasticitate buna.

Titanul si aliajele sale sunt indicate pentru a fi utilizate la fabricarea elementelor filtrante, pompelor, ventilelor, electrozilor porosi, protezelor si a altor piese.

Pentru a va lansa pe o piata cu produsele Dvs., trebuie sa va informati temeinic.

Cereti imediat materialele editate de CIDMET - SIDEROM *pentru a fi informat*

CIDMET

Central de Informare si Documentare pentru Metalurgie

Str. Mendeleev 21 - 25,
sector 1
70 168 BUCURESTI
tel. 659 49 90
fax: 3124278, 3124276

SIDEROM - CIDMET editeaza o serie de publicatii care se transmit firmelor din domeniul metalurgiei si constructiilor de masini din România si din alte tari.

Produsele si tehnologiile, consultanta si asistenta tehnica oferite de firma dumneavoastra pot beneficia de publicitate în materialele periodice pe care le editam si difuzam, cum sunt:

- Revista Metalurgia
- Buletin de Informare Documentara
- Informatii din metalurgia mondiala
- Sumare din reviste straine de specialitate
- Noutati în siderurgie
- Indicatori tehnico-economici

CID

Sumare din revista est-vest
Diverse publicatii
Traduceri
Carti de vizita
Formularistica de birou

In cazul în care doriti sa va facem publicitate va rugam:
- sa ne transmiteti materialul pentru reclama în forma pe care o doriti (fotografii, diapozitive color, text, machete etc);

- sa transmiteti suma corespunzatoare publicarii reclamelor dorite la BCR SMB 30152020 Bucuresti

MET

Metalurgia
Cataloage de produse
Prospecte
Buletin de informare documentara
Sinteze documentare
Indicatori tehnico-economici
Noutati din siderurgie
Informatii din siderurgia mondiala

Va stam la dispozitie pentru comunicarea tarilelor actuale

CIDMET - SIDEROM doreste sa contribuie la progresul tehnic în metalurgie, la transferul de tehnologie, la asimilarea de cunostinte privind problemele de mare actualitate.

CIDMET - SIDEROM doreste sa participe intens la îmbunatatirea calitatii produselor, la cresterea productivitatii si, în final, la succesul dumneavoastra.

În acest scop CIDMET - SIDEROM

urmareste constant literatura mondiala de profil, pe care o prelucreaza sub diverse forme, cât mai accesibile.
De asemenea, apeleaza la mari specialisti pentru elaborarea de lucrarari originale, sinteze, articole etc.

CIDMET - SIDEROM va propune pentru anul 1995 publicatii periodice si informare documentara asistata de calculator

Este societatea Dvs. în masura sa
țină pasul cu tehnologiile moderne?

Cereți imediat materialele editate
de CIDMET - SIDEROM

PENTRU A FI INFORMAT

Materiale compozite

Ultimul deceniu se caracterizeaza prin intensificarea cercetarilor stiintifice în domeniul elaborarii materialelor compozite, deschizându-se astfel noi posibilitati de dezvoltare a tehnicilor de vârf prin utilizarea lor. Elaborarea materialelor compozite cu matrice metalica reprezinta un domeniu relativ nou si distinct al M.P., datorata în special proprietatilor complexe ale produselor neconventionale obtinute, aproape imposibil de realizat prin procedeele tehnologice clasice.

Materialele compozite cu matrice metalica prezinta perspective de utilizare în toate domeniile în care o importanta primordiala o au proprietatile si nu costul, regasindu-se practic în toate grupele de materiale clasificate anterior. Astfel de domenii sunt: aviatia, tehnica aerospatiala, electronica, industria de armament, instalatiile de transport. Avantajele de baza pe care le confera aceste materiale sunt: greutatea specifica minima, fiabilitatea, maxima, stabilitatea termica si dimensionala, rezistenta la uzura, rezistenta la eroziune. Macrostructura acestor materiale este compusa din doi constituenti: matricea metalica de baza reprezentata de un aliaj cu rol de liant, si un constituent dur reprezentat, de regula, de particule, fibre sau whiskers din carburi, oxizi, nitruri etc.

Au fost elaborate diverse procedee de sinteza a materialelor compozite cu matrice metalica: impregnarea prin infiltrare cu topitura metalica sub presiune sau în vid a carcasei poroase, agitarea amestecului compus din topitura metalica si granulele dure, pulverizarea matricei metalice sub forma de topitura împreuna cu granulele constituentului dur, amestecarea pulberii matricei metalice cu constituentul dur sub forma de pulbere, fibre sau whiskers [9]. Ultimele doua procedee sunt caracteristice procedeelor M.P. Operatia de obtinere a amestecului materiilor prime este urmata de operatiile de precompactizare, presare la cald, presare izostatica la cald, extrudare sau laminare, în functie de forma si dimensiunile semifabricatului sau piesei finite dorite.

Ca faza dura forma de fibre (whiskers) continuie sau discontinuie se folosesc fibre de carbon, carbura de siliciu, oxid de aluminiu, bor, nitrura de bor, oxid de siliciu [10]. Se constata tendinta de crestere a volumului fibrelor de carbon în detrimentul celor de bor.

In *S.U.A.*, cercetarile referitoare la elaborarea de noi materiale compozite pentru tehnica apararii si aerospatiale sunt finantate de stat, manifestându-se interes pentru materialele compozite cu matrice metalica si matrice ceramica cu proprietati stabile si fiabilitate la temperaturi înalte.

In *Japonia* exista proiecte nationale de elaborare a materialelor compozite, cu faza industriala. Au fost obtinute astfel materiale cu matrice metalica armate cu fibre, având rezistenta la rupere de 150 MPa cu stabilitate si fiabilitate la temperatura de 450^0C. Matricea metalica cea mai des luata în considerare este pe baza de aliaje de aluminiu, iar ca faza dura (material de armare sau consolidare), carbura de siliciu sub forma de fibra sau granule (Al-SiC) [11], fibrele de carbon, bor, oxid de aluminiu. Rezistenta mecanica si tenacitatea acestor materiale permit reducerea masei pieselor cu 60%.

Se intensifica studiile si cercetarile pentru elaborarea unor materiale compozite cu proprietati speciale pe baza de fier, nichel, titan, cupru, molibden armate cu fibre de înalta rezistenta.

O mare atentie este acordata cercetarilor privind studiul proprietatilor materialelor compozite cu matrice ceramica ("ceramica tenace") armata cu oxizi, carbon, carburi, nitruri necesare fabricarii pieselor si cuplelor care lucreaza la temperaturi înalte ca de exemplu pistoanele motoarelor cu ardere interna, paletelor de turbina etc.

Unele dintre tipurile reprezentative de materiale compozite cu matrice metalica sunt materialele cu duritate dispersa. Caracteristica structurala de baza a acestor materiale este faza dura (oxizi, carburi, nitruri, carbonitruri) sub forma initiala de granule, uniform dispersata în matricea metalica de baza. Procesul tehnologic de fabricare consta în urmatoarele operatii: macinarea amestecului de pulberi a celor doi constituenti pâna la dimensiuni micronice, proces în care se realizeaza si alierea mecanica, precompactizarea semifabricatelor, presarea la cald, presarea izostatica la cald ori sinterizarea urmata de extrudare sau laminare. Au fost elaborate astfel materiale compozite pe baza de aliaje de aluminiu, fier, cupru, crom, molibden, titan. Un astfel de material rezistent la radiatii si temperaturi înalte, destinat pentru constructia zonei active a reactorilor nucleari a fost elaborat folosind ca matrice metalica, aliajul cu 13% Cr, 2-3 % Ti, 1,5% Mo iar ca faza dura dispersa pulberea de titan si itriu. Metoda poate fi utilizata si la elaborarea aliajelor refractare. Astfel aliajul cu duritate dispersa având în compozitie Cr(15-20%), Ni(69-78%), W(4%), Mo(2%), Ta(2%), Ti(0,5-2%), Al(4%) iar ca faza dura oxidul de itriu (0,5-1%) poate fi utilizat la fabricarea diverselor piese care pot functiona la temperaturi de 1100^0C necesar în tehnica aerospatiala sau termoenergetica [12]. Utilizând aceeasi metoda de elaborare, au fost obtinute materiale cu duritate dispersa ale aliajelor de aluminiu (4%Li; 2%C; 5%Mg si Cu) având rezistenta la rupere 62 MPa iar limita de curgere aproape de 57 MPa.

Materiale poroase permeabile (MPP)

Asigurarea capacitatii de filtrare maxima a MPP se realizeaza prin crearea unei structuri poroase neuniforme, în care dimensiunile porilor variaza în directia filtrarii [13]. Pentru o astfel de structura, finetea de filtrare este determinata de stratul sau

portiunea care poseda porii de cea mai mica dimensiune, iar coeficientul de permeabilitate are valori mai mari decât a MPP cu structura izotropica având aceeasi finete de filtrare si proprietati capilare. O varianta a structurii neuniforme pe directia de filtrare este structura poroasa multistrat. Fiecare strat va fi caracterizat de o amunita valoare a porozitatii si a dimensiunii porilor, determinate de compozitia granulometrica diferita a pulberii utilizate. Realizarea straturilor cu diemsniuni descrescânde ale porilor în directia filtrarii (de la intrare în filtru spre iesire din filtru), asigura acestor MPP capacitate de retinere de 2-4 ori mai mare si o durata de functionare de 2-3 ori mai mare decât filtrele monostrat.

Aplicarea procedeului de formare prin presarare libera si netezirea stratului de pulbere urmat de sinterizare duce la obtinerea tabelelor poroase cu porozitate deschisa ridicata, distributie uniforma a porilor si permeabilitate maxima, în comparatie cu valorile oferite de procedeele de formare prin presare. Una din caile posibile de obtinere a MPP cu structura poroasa neuniforma si de reducere a dimensiunii porilor pentru asigurarea unei fineti de filtrare superioare se bazeaza pe infiltrarea în porii mediului poros a unei cantitati de granule cu dispersie fina. La trecerea fluxului de gaz pulverulent sau a suspensiei de granule fine prin porii corpului poros, acestea se vor depune neuniform în canalele poroase de-a lungul lungimii lor. Aceasta operatie se aplica semifabricatelor în stare presata, dupa care structura poroasa se finalizeaza prin sinterizarea granulelor depuse o data cu pulberea presata.

Daca este necesara orientarea porilor dupa anumite directii se poate recurge, fie la presarea pulberii metalice în prezenta unor fire de sârma fina de cupru care se dizolva în masa metalica la sinterizare, fie prin introducerea în amestecul de pulbere de oxizi nemagnetici, a pulberilor fine de metal magnetic (Ni, Fe) si aplicarea la presare a unui câmp magnetic. In ultimul caz, granulele de Ni si Fe se dizolva prin sinterizare, lasând locul unor canale fine orientate.

In general, structurile poroase permeabile obtinute prin sinterizarea pulberilor metalice sunt structuri neordonate, datorita numarului mare de straturi suprapuse de pulbere.

Structura poroasa neordonata este caracterizata de directii întâmplatoare ale porilor si de o sinuozitate a acestora care influenteaza negativ curgerea fluidelor, respectiv permeabilitatea.

Una din posibilitatile de apropiere a structurilor poroase din pulberi metalice sinterizate de structurile ordonate este realizarea sistemelor poroase armate (structuri poroase compozite). Acestea sunt compuse dintr-o retea de tesatura de o anumita dimensiune a ochiului peste care se suprapun unul sau mai multe straturi de pulbere liber presarata sau laminata. Un astfel de sistem ar fi ideal, daca s-ar depune un singur strat de pulbere sferica monogranulara, având dimensiunea granulei egala cu dimensiunea ochiului tesaturii si din acelasi metal sau aliaj. Realizarea acestui sistem ideal întâmpina dificultati tehnologice legate de coeficientul de utilizare scazuta a pulberii, precum si de compactibilitatea celor doua tipuri de materiale - pulbere si tesatura - în procesul de sinterizare. Totusi, sistemele armate obtinute din mai multe straturi ofera posibilitati mai mari de asigurare a permeabilitatii si finetei de filtrare mai ridicate, precum si proprietati mecanice îmbunatatite.

Concluzii

♦ Datorita caracterului universal tot mai pregnant pe care si l-a câstigat în ultimii ani, M.P. îsi aduce un aport deosebit la crearea de noi tipuri de materiale si astfel la rezolvarea problemelor pe care le ridica implementarea progresului tehnic.

♦ Flexibilitatea tehnologica reprezinta un avantaj de baza a proceselor M.P. care ofera posibilitatea elaborarii materialelor cu compozitii si structura controlabile si deci cu proprietati speciale impuse.

In urmatorii ani se prevad urmatoarele tendinte în domeniul elaborarii de noi materiale si produse ale M.P., cu proprietati speciale:

♦ perfectionarea tehnologiilor de elaborare a pulberilor metalice prin pulverizare cu racire rapida [14],[15] si prin aliere mecanica;

♦ perfectionarea si dezvoltarea procedeelor moderne de formare a semifabricatelor prin presare izostatica la cald, extrudare, formare prin injectie, depunere prin pulverizarea topiturii în matrita, sintermatritare, presare/matritare oscilanta [16], [17], [18];

♦ dezvoltarea cercetarilor în domeniul elaborarii de noi materiale: compozite, complex aliate, cu faza dura dispersa, tribotehnice, refractare, rezistente la uzura, rezistente la radiatii etc;

♦ perfectionarea si conceperea utilajelor si echipamentelor tehnologice noi, de precizie si de productivitate ridicata, care sa permita implementarea lor în sisteme flexibile de fabricatie, având ca scop cresterea eficientei economice si reducerea costurilor materialelor si produselor M.P. relativ ridicate înca.

BIBLIOGRAFIE

[1] **Domsa A.**, s.a.: *Tehnologia fabricarii pieselor din pulberi metalice*. Ed.Tehnica, Bucuresti, 1966

[2] **Whittaker D.**: *Ferrous PM components-where from here?* In: Power Metallurgy, 1993 vol.36 nr.2, p.101

[3] **Fedorcenko I., M.**: *Vasnejsie tendincii v razvitii poroskovoj metallurgii (II)*. In: Poroskovaja Metallurghiia, 1989, nr.8, p.23

[4] **Kuniya K.**, s.a. *:Reciprosating seiding wear caracteristics of copper-carbon fiber composites*. Jap. Institut of Metals., 1987, vol.28, nr.3 p.238

[5] **Vida-Simiti I., Magyarosy I.**: *Materiale poroase permeabile sinterizate*. In: Metalurgia, România, nr.4, 1992

[6] **Scheppard Terry:** *Von Pulver zumm zähen Werkstoff*. Schweiz Maschinenmarkt, 1987., vol.87 nr.45 p.90
[7] **Hammiudin M.:** *High strength aluminium lithium-silicon carbid P/M composites*. In: Powder Metallurgy Int.,1987,vol.19,nr.5,p.28
[8] **Yolton C. F.:** *PM beta titanium alloys for landing gear application*. P.M. Conference Proccese, Boston 1986, p.635
[9] **Feest E. A.,Tweed J.H.:** *Powder Metallurgy composites. Selected Case Studies in PM*. The Institute of Metals, London, 1991, p.267
[10] **Beeg A. R.:** *Metal matrix composites by powder metallurgy*. In: Powder Metallurgy, 1993, vol.36, nr.36, nr.2, p.107
[11] **Smith R.W.:** *Advancing Themal Spray tehnologies Through International Collaborative R et D*. In: Powder Metallurgy Int., vol.25, nr.2, 1993,p.78-82
[11] **Willis T.C.,**s.a.: *The Microstructure and Properties of Al- SiCp Composite Materials Produced by Spray Deposition*. In: Powder Metallurgy. The Institute of Metals, London, 1991, p.256
[12] **Hack G.A.:** *Developments in the production of oxide dispersion-strengthened superalloys*. In: Powder Metallurgy, 1984,vol.27, nr.7, p.73
[13] **Vida-Simiti I., Domsa S., Magyarosy I.:** *Unele posibilitati de imbunatatire a proprietatilor materialelor poroase permeabile sinterizate*. In: Constructia de masini, 1994 (sub tipar)
[14] **Mortensen A., Jin I.:** *Solidification Processing of metal matrix composites*. International materials Reviews, 1992, vol.37, nr.3, p.101
[15] **Smith R.W.:** *Advancing Thermal Spray Technologies through International Collaborative R et D*. In: Powder Metallurgy Int. vol.25, nr.2,1993, p.78
[16] **Leheup E.R., Moon J.R., Standring P.M.:** *Production of components by rotary forging of sintered preforms*. In: Powder Metallurgy, 1983, vol.26,nr.3, p.129
[17] **Vida-Simiti I.,** s.a: *Cercetari asupra compactizarii pulberilor si preformelor sinterizate prin presare oscilanta*. In: Metalurgia, România, nr.9, 1992, p.19
[18] **Standring P.M.:** *Forging in Powder Metallurgy*. In: Powder Metallurgy, Inst. of Metals, London, 1991, p.136

REVISTA REVISTELOR

Siderurgia ceha si slovaca îsi mentine nivelul de productie

In: **Metal Bulletin**, Anglia, nr.7809, p.33

Nivelul productiei în anul 1991 s-a mentinut relativ ridicat, 11,1 mil.t fata de 15,5 mil.t în 1989. El este puternic dependent de nivelul exporturilor.

Una din explicatiile mentinerii unui nivel ridicat al productiei consta în nivelul tehnic corespunzator al instalatiilor, care este mai ridicat decât al altor tari din fostul CAER. Cu toate acestea, aportul investitorilor straini nu se face simtit înca. Eforturile facute pâna în prezent pentru transformarea uzinei Poldi nu au avut succes.

Alte uzine recurg în principal la resursele proprii pentru a se restructura, cum este cazul combinatelor Nova Hut si Vitkoviče.

WIRE INDUSTRY, ANGLIA, 1993, Nr.6

- *Materiale plastice de acoperiri cu pelicule groase, p.335*
- *Productia economica a tesaturilor din sârma sudate în loturi mici, p.338*
- *Refularea la rece în executia de produse speciale, p.340*
- *Recoacerea sârmei din otel în H_2 într-un cuptor cu clopot HICON/H_2, p.342*
- *Industria cablurilor în fosta U.R.S.S., p.346*

CERCETARI CU PRIVIRE LA INFLUENTA HIDROGENULUI ASUPRA CALITATII OTELULUI

Ing.Chitu Gheorghe S.C. ICEM S.A. Bucuresti

C.Z.:669.15.194.3

Proprietatile unui otel depind în mare masura de factorii urmatori: analiza chimica, natura, forma, distributia si cantitatea de incluziuni nemetalice, continutul de gaze (H_2, N_2, O_2), parametrii de turnare, gradul de deformare plastica si tratamentul termic aplicat.

Unul din cele mai nocive elemente chimice care se dizolva în mod nedorit în otel este hidrogenul.

Din studiile si cercetarile efectuate în cadrul acestei lucrari, precum si pe plan mondial, se poate afirma ca hidrogenul are influente negative asupra calitatii otelului.

Prin cercetarea actuala se va prezenta modul în care acest element afecteaza, în principal, caracteristicile fizico- mecanice, precum si masurile care se impun a fi respectate, în vederea diminuarii efectului negativ asupra calitatii otelului si pretului de cost.

Cercetarile nu sunt înca finalizate, dar se prezinta într-o prima lucrare rezultatele obtinute, pentru ca prin aceasta sa se evite decalajele sau rebutarea unor produse importante si cu valoare ridicata.

In conditiile economiei de piata se impune a se lucra organizat, cu acuratete si rentabil pentru a ridica prestigiul firmei si a rezista permanent concurentei mondiale.

Se mentioneaza ca o mare parte a cercetarii s-a efectuat în cadrul Intreprinderii de Masini Grele Bucuresti (I.M.G.B.), care realizeaza produse metalurgice forjate si turnate, din oteluri de înalta calitate, destinate fabricatiei de echipamente nucleare, turboagregate de foarte mare putere, utilaje complexe etc.

I.M.G.B. are laboratoare cu posibilitati multiple de analize, care sunt atestate de foruri internationale de specialitate, iar activitatea se desfasoara în sistem de "asigurare a calitatii".

Dotarea I.M.G.B. este de nivel mondial si se situeaza printre putinele uzine din lume care pot realiza lingouri si piese turnate pâna la 400-450 tone.

Printre utilajele din dotare se pot enumera: cuptoare electrice care functioneaza în regim UHP, cuptoare cu inductie, instalatii de acumulare mentinere de 140t (tip "LF"), instalatie pentru decarburare si aport de caldura sub vid (**VAD-VOD** de tip "**Finkl-Mohr**"), instalatie de degazare sub vid cu recirculare continua (tip "**RH**"), cuve (tip "**BV**") pentru turnarea sub vacuum mai mic de 0,3 torr a lingourilor pâna la 400 (450) t, instalatii pentru retopire cu arc sub zgura (**REZ**) etc.

Forma sub care se afla H_2 în otel

Hidrogenul se afla în otel în stare atomica, moleculara si sub forma de combinatii simple. Având raza atomica mai mica decât a Fe se plaseaza interstitial si formeaza o solutie solida cu masa de baza. Nu formeaza combinatii chimice cu Fe si nici cu alte elemente dizolvate în otel.

In stare moleculara se amplaseaza în sufluri si microcavitati, contribuind chiar la formarea acestora. Când otelul contine mult H_2 si mai are si N_2 în cantitate mare, se produc sufluri, aproape sigur la concentratii care depasesc limitele de solubilitate.

Sub forma de combinatii (hidroxili) se plaseaza ca precipitat în zonele cu incluziuni nemetalice, dizolvate în carburi sau prin porii metalului (vapori de apa).

In perioada de topire H_2 trece direct în otel, mai frecvent la cuptoarele electrice, unde în jurul aerului format între electrozi si încarcatura, la temperatura de apx. 3000^0C molecula se disociaza în atomi. In aceasta stare (atomica) viteza de difuzie a H_2 este foarte mare.

Pentru diminuarea absorbtiei de H_2 (si N_2) în otel în perioada de topire, se recomanda formarea unei zguri timpurii, prin introducerea fondantilor o data cu primele cantitati de încarcatura metalica (bene, conteinere). Dupa acoperirea metalului lichid cu zgura corespunzatoare (formata din var, CaF_2, bauxita) absorbtia H_2 se diminueaza iar solubilitatea este influentata în mare masura de temperatura (si de alti factori tratati în continuare).

Solubilitatea H_2 în otel

Cantitatea de H_2 care se poate dizolva în otel este în functie de urmatorii factori principali:

- *temperatura metalului;*
- *presiunea de lucru în cuptor si instalatia de tratament a otelului lichid;*
- *compozitia chimica a otelului;*
- *procedeul de elaborare si turnare.*

In mod practic, la temperatura obisnuita si presiunea de 1 bar (760 torr), otelul contine frecvent 2-12 cm^3 H_2/100g. La temperatura de elaborare apx.

1600^0C si presiunea de 1 bar, solubilitatea H_2 creste pentru anumite oteluri înalt aliate (feritice, austenitice) la 10-15 cm^3/100g. In vid, la presiunea de 0,1 torr, Fe pur în stare lichida poate dizolva apx. 0,25 cm^3 H_2/100g, comparativ cu 25-27 cm^3/100g la presiunea de 760 torr (1 bar) si aceeasi temperatura (cca 1600^0C).

Influenta asupra solubilitatii H_2 în otel au si unele elemente de aliere (dorite) sau nocive (care se elimina functie de procedeu si tehnologie). Astfel, maresc solubilitatea H_2 în otel (micsoreaza activitatea), urmatoarele elemente chimice: Ti, Ta, V, Nb, Cr, Mo, Ni, Mn (Ti în cea mai mare masura si Mn cel mai putin).

Solubilitatea H_2 în otel este micsorata (activitatea marita) de: C, B, Si, Al, Ge, Sn, P, S, Co, Cu (enumerate tot în ordine descrescatoare).

Pe procedee de elaborare si tratament metalurgic sub vacuum, hidrogenul în otel se situeaza în urmatoarele limite:

	H_2 (cm^3/100g)
- Elaborare otel în cuptor electric	6 - 15
- Cuptor electric + tratament VAD	2 - 4
- CE + VAD + turnare sub vid	max. 2
- Cuptor cu inductie în vid (elaborare + turnare)	max. 2
- Retopire cu arc în vid (RAV)	max. 1

Provenienta H_2 în otel

H_2 se poate induce în otel, în cantitate mai mica sau mai mare, la orice temperatura.

In stare solida otelul absoarbe foarte putin H_2 (sub 1 cm^3/100g), la decaparea pieselor (laminatelor), în acizi sau la unele tratamente termice (din gazele arse).

Sursele principale din care H_2 poate trece în otel, în stare lichida, sunt urmatoarele:

» Incarcatura metalica si alte materiale utilizate la elaborare si turnare;

» Materialele refractare din care este realizata zidaria;

» Elementele racite ale cuptoarelor si instalatiilor pentru tratamentul otelului lichid;

» Atmosfera în care se lucreaza (umiditatea acesteia).

In încarcatura cuptoarelor, H_2 este continut de apa si umiditatea materialelor. Cantitatile orientative de H_2, pe care materialele utilizate la elaborarea otelului le contin, sunt trecute în tabelul 1.

Zidaria refractara a cuptoarelor, jgheabul de evacuare, oala de turnare, ansamblele sau formele de turnare, materialele de lubrifiere a lingourilor, cele exoterme sau izolatoare, pot constitui surse din care H_2 sa se induca în otel.

Tabelul 1

Denumirea materialului	Continutul de H_2, cm^3/100g
Rugina fierului vechi	< 1300
Fier vechi obisnuit	4 - 8
Fonta	> 20
Minereu Fe (umid. < 5%)	cca. 60
Var	cca. 35
FeMn 75	20 - 40
FeMn afinat	cca. 13
Mn metalic	200 - 250
Si - Mn	30 - 80
FeSi 45	8 - 52
FeSi 75	11 - 50
CaSi	20 - 100
FeCr cu C	7 - 25
FeCr afinat	8 - 10
Cr metalic	cca. 4
FeMo 65	5 - 20
FeNb	10 - 20
FeTi 40	cca. 45
FeTi 70	30 - 100
FeV 40	20 - 40
FeV 80	30 - 90
FeW 80	cca. 12
Al	1 - 2
Ni (pur)	35 - 80

Spre exemplu oala de turnare insuficient uscata, poate mari continutul de H_2 al otelului cu mai mult de 2 cm^3/100g. La turnarea unui otel într-un ansamblu sau forma insuficient uscate, continutul de H_2 creste cu 2-3 cm^3/100g.

Comportarea H_2 în otel

Asa cum s-a prezentat într-un capitol anterior, H_2 la temperaturi ridicate se disociaza în atomi, în special în jurul arcului electric. In prima parte a topirii H_2 patrunde direct în otel. Dupa formarea zgurii absorbtia H_2 se diminueaza. Zgura este un bun protector al otelului împotriva gazelor. O zgura buna are capacitatea de a retine mult H_2 comparativ cu ceea ce ramâne în otel la sfârsitul elaborarii. Astfel o zgura bazica în perioada de afinare (oxidare) retine (contine) 10-30 cm^3 H_2/100g, iar una reducatoare (dezoxidanta) 25-60 cm^3/100g. Zgurile acide retin si

mai mult H_2, iar otelul elaborat în cuptorul acid are un continut de astfel de gaz cu aproximativ 50% mai redus decât metalul elaborat prin procedeul bazic (de obicei sub 6 $cm^3/100g$).

Hidrogenul trebuie limitat în otel deoarece are unele efecte negative asupra lingoului, produsului finit sau semifabricatului turnat continuu.

Influentele asupra caracteristicilor fizico-mecanice se vor prezenta într-un capitol urmator.

In stare lichida, asa cum s-a amintit, otelul poate dizolva cantitati mari de H_2, care la solidificare se separa din solutie si în anumite stadii de prelucrare a metalului pot aparea unele defecte ca: sufluri, linii de umbra, fulgi (fisuri interne microscopice).

La un otel cu mult H_2, daca mai contine si o cantitate mare de N_2, pot aparea sufluri la o adâncime de 20-30 mm sub crusta exterioara a lingoului, care la forjare sau laminare, în unele cazuri se deschid, ducând la aparitia aschiilor pe suprafata produselor. La semifabricatele turnate continuu suflurile se amplaseaza mai la suprafata, stratul de metal compact având o grosime de numai 5-10 mm.

Daca H_2 în otelurile inox feritice si austenitice are valori mai mari de 10 $cm^3/100g$, în lingouri pot aparea crapaturi longitudinale (mai frecvent la semifabricatele turnate continuu). La aceste oteluri, de cele mai multe ori la cele Cr-Ni stabilizate cu Ti, tendinta H_2 de segregare intercristalina duce si la o diminuare a proprietatilor de ductilitate-tenacitate (alungire, strictiune, rezilienta) cu 20-30%.

In stare atomica H_2 difuzeaza în otel cu viteza foarte mare, existând (în anumite situatii) tendinta de a parasi otelul chiar la temperaturi de 100-200^{0}C. Din aceasta cauza dupa forjare, laminare sau tratamentul termic preliminar, piesele trebuie racite foarte încet pentru a evita fuziunea atomilor de H_2 în molecule, fenomen care este însotit de o degajare de energie, ceea ce duce la aparitia unor fisuri interne (fulgi) cu efecte negative asupra calitatii otelului. Fulgii apar cu precadere la oteluri cu mult H_2 si/sau în situatiile de nerespectare a tratamentului de dehidrogenare si sunt amplasati în unele zone cu rezistenta mai scazuta, determinata de prezenta incluziunilor nemetalice, linii de alunecare, limite de graunti, segregatii chimice, tensiuni cauzate de deformari sau racire cu viteza mare a pieselor forjate, laminate etc.

Prin tratamentul termic primar adecvat si racire înceata se pot reduce cazurile de declasare sau rebutare a produselor din otel cu sensibilitate la aparitia fulgilor.

Efectele H_2 asupra calitatii otelului

Prezentate sintetic, influentele H_2 asupra calitatii otelurilor-sunt:

- *Formare de porozitati (sufluri)*
- *Producere de discontinuitati (microscopice) de tipul fulgilor*
- *Fragilizarea masei de baza*
- *Diminuarea caracteristicilor fizico-mecanice, a proprietatilor electrice, a deformatiilor la rece (plasticitate, ambutisare), sudabilitatii, a rezistentei la oxidare la temperaturi ridicate, s.a.*
- *Porozitatea otelului (cauzata de H_2) care mareste pierderile electrice.*

Un continut de H_2 în otel de 12-14 $cm^3/100g$ micsoreaza rezistenta la coroziune.

Fulgii constituie amorse de rupere. Aceste fisuri interne (mai frecvente la otelurile Cr-Ni-Mn) care apar dupa forjare-laminare, sunt cauzate si de continutul ridicat de H_2 când produsele (semifabricatele) sunt racite cu viteza mare (de obicei peste 15^{0}C/minut, când temperatura este sub 400^{0}C).

Unele fisuri interne cauzate de H_2 (fulgi) se pot suda prin deformare plastica în continuare, la temperaturi de forjare- laminare.

Fragilitatea de H_2 produce fisuri în masa de baza, mai ales la otelurile cu S, care favorizeaza patrunderea H_2 (spre exemplu la decapare în cazul laminarii la rece) sau în metalul care are sufluri insuficient sudate, incluziuni nemetalice-zone cu rezistenta scazuta, care cedeaza presiunii formate la fuziunea atomilor de H_2.

Efectele H_2 din otel sunt negative si asupra stabilitatii termice, rezistentei la îmbatrânire, la îndoire etc.

Influentele H_2 asupra principalelor caracteristici fizico- mecanice se prezinta astfel:

- Proprietatile de rezistenta la tractiune, limita de curgere si duritatea, la unele oteluri, sunt într-o foarte mica masura avantajate.
- Alungirea, în schimb, este micsorata de 2-4 ori la otelurile cu H_2 ridicat, iar strictiunea pe directia Z (de forjare-laminare) scade de 1-5 ori.
- De asemenea tenacitatea (rezilienta) scade foarte mult când otelul are un continut mare de H_2.
- In ceea ce priveste grauntele austenitic creditar, calibilitatea, prelucrarea prin aschiere si rezistenta la uzura, H_2 nu are (practic) nici o influenta.

Alte rezultate ale cercetarii efectuate

Extinzând cercetarile asupra unor oteluri înalt aliate cu Cr (C = apx. 0,12%; Cr = apx. 12%), a rezultat ca toate proprietatile sunt influentate negativ de H_2.

In diagrama anexata se prezinta corelatia dintre: rezistenta mecanica (Rm), limita de curgere ($R_{p0,2}$), limita de elasticitate ($R_{0,02}$), alungirea (A),

striatiunea (Z), rezilienta (Kv) si H_2 remanent din otel.

Se mentioneaza ca H_2 a fost determinat chiar în probele pentru încercari mecanice.

La un continut de ordinul a 1 $cm^3/100g$, la acest otel inox ferito-martensitic, se constata o usoara ameliorare a unor caracteristici fizico-mecanice. In continuare, proprietatile sunt influentate negativ. Spre exemplu rezilienta scade cu cca 15% daca H_2 remanent în otel este de 2 $cm^3/100g$, comparativ cu un continut de numai 1 $cm^3/100g$.

In conditii similare alungirea se diminueaza cu apx. 6%, limita de curgere cu 3%, iar celelalte caracteristici cu 1,5-2,3% (Rm, $R_{0,02}$, HB, Z).

In concluzie, se recomanda ca H_2 remanent în otel sa nu depaseasca 1,2 $cm^3/100g$.

Din cercetarile efectuate pâna în prezent au mai rezultat si alte concluzii tehnologice:

- *La evacuarea sarjei din cuptor, H_2 în otelul electric se majoreaza cu 0,5-1,5 $cm^3/100g$*
- *Prin degazare în instalatii RH, VAD-VOD, sau turnare în sistemul BV (Bochumer Verein), continutul de H_2 din otel se poate reduce la apx. 1/3 (randament maxim de dehidrogenare = 70%)*
- *La turnare în atmosfera obisnuita continutul de H_2 se majoreaza cu 0,7-1,7 $cm^3/100g$, spre limita superioara situându-se lingourile turnate direct*
- *Protejarea cu argon a jetului de otel la turnare reduce absorbtia de H_2 cu 20-30%*
- *Cresterea coroiajului (a gradului de deformare) la forjare (laminare) diminueaza susceptibilitatea otelului de a forma fulgi în produsele metalurgice.*

Caile prin care se poate diminua continutul de H_2 în otel

Necesitatea realizarii unui otel cu un continut cât mai redus de gaze trebuie transformata într-o preocupare cotidiana. De fapt, când se urmareste respectarea tehnologiei pe întreg fluxul de productie, rezultatele sunt evident favorabile.

Cercetarile efectuate pe parcursul mai multor ani, pe oteluri de diverse calitati, duc în aceasta faza de prelucrare si interpretare a datelor, la enumerarea partiala a masurilor prin care se poate reduce continutul de H_2 în otel si evitarea aparitiei fulgilor în piesele forjate, mai ales la cele cu predispozitie la astfel de defecte,pentru a reduce cheltuielile neeconomicoase cauzate de rebuturi, tratamente termice prelungite etc.

In continuare se enumera principalele cai prin care se poate actiona pentru diminuarea H_2 în otel si reducerea rebutului si/sau declasatelor la unele produse metalurgice.

1. Selectionarea încarcaturii si evitarea utilizarii spanului si a fierului vechi oxidat, la elaborarea otelului cu susceptibilitate marita la "fulgi" (tab. 1). De asemenea se vor utiliza feroaliaje cu H_2 putin, var proaspat si alte materiale uscate (CaF_2, bauxita, cocs, grafit, minereu de fier etc.).

2. Incalzirea materialelor si a feroaliajelor adaugate în otel în perioadele afinare-dezoxidare, pentru eliminarea umiditatii si reducerea "caderilor" de temperatura în timpul elaborarii sarjei, ceea ce duce la durate prelungite de încalzire în continuare si cresterea H_2 în otel.

In tabelul 2 se prezinta temperatura la care

Tabelul 2

Denumirea materialului	Temperatura de încalzire, °C	Observatii
FeMn (75, afinat), SiMn, FeCr (C, afinat) FeNb, FeTi, FeV, FeW	800 - 900	FeCr cu C introdus în încarcatura nu se preîncalzeste
Mn metalic	600	
Ni	400	Cel introdus în încarcatura nu se preîncalzeste
FeSi (44, 75), CaSi	1100 - 1150	Hidrurile de Si se descompun la 1000 - 1050°C (pâna la 800 - 900°C se îndeparteaza numai 25% din H_2)
Minereu de fier, tunder	600 - 700	Cele care se introduc în încarcatura nu trebuie încalzite
Var, CaF_2	150 - 200	
Cocs, grafit	110 - 120	

trebuie încalzite feroaliajele si unele materiale pentru oxidare si formarea zgurii.

Incalzirea feroaliajelor mai prezinta avantajul ca otelul se raceste mai putin, comparativ cu introducerea acestora în baie la temperatura obisnuita, asa cum se prezinta în tabelul 3.

In privinta altor materiale cum ar fi: varul, fluorura de calciu, bauxita sau sparturile de samota, se tine seama de faptul ca fiecare adaos în calitate de 100 kg reduce temperatura baii cu 3-4°C (pentru sarja de 60 t otel lichid).

3. Uscarea corespunzatoare a zidariei oalelor si ansamblelor de turnare. Oalele de turnare la umplerea cu otel (prin evacuarea sarjelor din cup-

Tabelul 3

Denumirea feroaliajului	Diminuarea (sau cresterea) temperaturii otelului la alierea cu 1% din elementul respectiv, ^{0}C	
	Feroaliaj rece	Încalzit la 700^{0}C
FeMn 75	27 - 30	20 - 22
FeMn afinat	25 - 32	16 - 17
Mn metalic	19 - 20	12
FeCr 65	20 - 25	13 - 17
FeCr afinat	cca 16	...
Cr metalic	12	8
FeMo	12 - 18	8 - 13
FeV 40	27	8
FeV 80	12	4
Co	15	-
Ni	12	-
FeSi 75	+ 3	-
Si metalic	+ (17 - 20)	-

toare sau transvazarea în oalele de tratament) vor avea temperaturi de 700-1000^{0}C, iar ansamblurile de turnare de apx. 100^{0}C. Preluând si turnând otel în oale si ansambluri insuficient uscate, continutul de hidrogen poate creste uneori cu 3-5 cm^3/100g.

4. Evitarea scurgerilor de apa din elementele racite ale cuptoarelor si instalatiilor de tratament metalurgic al otelului lichid în oala de turnare.

5. Decarburarea otelului cu viteze mai mari de 0,50% C/h, având în vedere ca în perioada de afinare (oxidare) H_2 ca si N_2 se îndeparteaza prin intrarea acestor gaze în molecula de CO în curs de evacuare din baia metalica.

In acest scop O_2 insuflat în cuptoare va avea presiune de 10-12 barr (în perioada de topire presiunea O_2 poate fi de apx. 7 barr).

Se recomanda utilizarea simultana a doua tevi de O_2, realizând în acest mod o crestere a productivitatii (reducerea duratelor de topire si afinare) si un otel cu mai putine gaze.

Consumul de O_2 este de 20-30 m^{3}N/t.

6. Conducerea sarjei la un regim termic diferentiat pe marci de oteluri, evitându-se supraîncalzirea baii metalice peste temperatura necesara elaborarii si turnarii în bune conditii.

7. Tratarea otelului si (sau) turnarea acestuia în vacuum. Având în vedere capacitatea de absorbtie limitata de H_2 din otel (randamentul) de catre instalatiile de degazare, se impune a se elabora sarja cu o concentratie cât mai redusa de astfel de gaz, întrucât produsele forjate cu H_2 sub 2 cm^3/100g nu mai sunt susceptibile la fulgi. In aceste situatii creste certitudinea si eficienta productiei pe tot fluxul de fabricatie.

Randamentul maxim de dehidrogenizare în instalatii RH, VAD-VOD se obtine când durata degazarii este de 20-25 minute, din care apx. 15 minute pe presiune sub 0,5 (0,3) torr.

La turnarea sub vid (sistem BV), presiunea în instalatie va fi sub 0,3 (0,2) torr, iar otelul va avea o supraîncalzire de 80-90 (100)^{0}C peste temperatura lichidus a sortimentului respectiv de otel.

Când otelul se degazeaza în instalatia RH pierderea de temperatura evolueaza astfel (în medie):

» 2,5^{0}C/min în primele 10 minute de lucru;

» 2^{0}C/min în minutele 11-20;

» 1,5^{0}C/min în minutele 21-25 (30).

Racirea otelului cu aceste valori se produce în conditiile în care oala de turnare a fost calda la evacuarea sarjei din cuptor (minimum 800^{0}C), stratul de zgura are o grosime de 10-15 cm iar recipientul instalatiei a fost cald (apx. 1000^{0}C).

In unele tari exista instalatii care reduc H_2 în otel sub 2 cm^3/100g, cum sunt cele de retopire cu arc în vid (RAV) sau cuptoarele cu inductie pentru elaborare si turnare sub vacuum (CIV), dar care au capacitate limitata (de obicei sub 100 t).

8. Respectarea tratamentului termic preliminar indicat dupa forjare, în functie de continutul de H_2 si marimea pieselor. Se va acorda o mare atentie temperaturii si duratei de mentinere pe

Tabelul 4

Diametrul sau grosimea piesei, mm	Continutul de hidrogen (cm^3/100 g)			
	2,5	4	6	8
	Timpul suplimentar de mentinere la recoacere subcritica pentru difuzia H_2 (ore) (*)			
< 300	4	14	18	30
301 - 500	7 - 10	19 - 25	25 - 37	40 - 50
501 - 700	15 - 20	32 - 40	50 - 58	63 - 73
701 - 900	25 - 32	48 - 67	70 - 90	92 - 113
901 - 1100	38 - 47	80 - 92	110 - 132	132 - 160
1101 - 1300	56 - 65	112 - 128	152 - 175	185 - 212
1301 - 1500	75 - 90	148 - 170	205 - 228	240 - 267
1501 - 1700	100 - 115	200 - 225	260 - 290	297 - 330
1701 - 2000	cca 140	cca 260	cca 330	cca 400

(*) In cazul tratamentului termic preliminar (primar)

palierul recoacerii de dehidrogenare, precum si vitezelor de încalzire - racire. La sfârsitul tratamentului, la temperaturi mai mici de 400^0C, viteza de racire a piesei (în cuptor) va fi sub 10^0C/min. Piesele nu vor fi evacuate din cuptor decât atunci când în centrul zonei cu dimensiunea (diametrul) cea mai mare, temperatura va scadea sub 100^0C. In aceste momente daca racirea este rapida, creste riscul aparitiei fulgilor, prin fuziunea atomilor de H_2 din masa metalica, fenomen care se produce cu o degajare de energie locala.

Se mentioneaza ca la o piesa forjata de mare gabarit, realizata din otel aliat cu Mn, Cr, Ni, Mo s.a. cum ar fi cilindrii de laminor, rotori de turbina, blocuri de matrita, timpul suplimentar de mentinere la recoacere subcritica, pentru difuzia H_2, care se adauga la durata necesara pentru egalizare si omogenizare, se majoreaza de 3-5 ori, daca H_2 creste de la 2,5 la 8 cm^3/100g, dupa cum rezulta si din datele inscrise in tabelul 4.

9. Reforjarea unor piese cu fulgi, pentru realizarea de repere cu dimensiuni mai mici. In general acest defect produs de hidrogen (asociat si cu alte cauze) nu este deschis si prin continuarea procesului de prelucrare la cald, otelul (piesa) se poate compactiza (în conditiile unui coroiaj minim).

Concluzii

» 1. Din cercetarile efectuate rezulta ca asupra otelului, H_2 are o influenta predominant negativa.

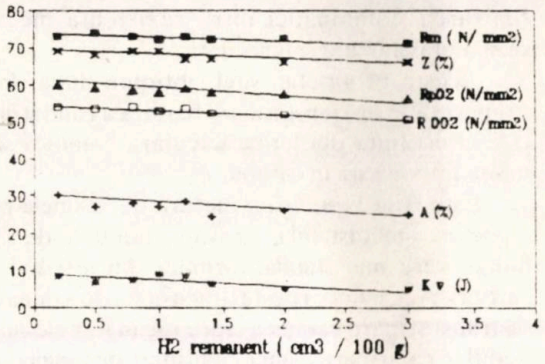
» 2. Pentru cresterea certitudinii fabricatiei de produse metalurgice din otel (forjate, laminate), este necesar a se întocmi tehnologii integrate pentru întregul ciclu de productie si urmarita respectarea acestora.

» 3. Realizarea unui otel cu $H_2 < 2$ cm^3/100g, elimina pericolul aparitiei fulgilor, în special în piesele de mare performanta.

» 4. Cercetarea prezenta a încercat sa stabileasca unii parametri concreti de lucru, prin care sa se evite rebutarea sau declasarea unor produse metalurgice din otel, susceptibile la aparitia fulgilor.

» 5. In cadrul acestei lucrari au fost prezentate mai mult aspectele practice ale cercetarii efectuate cu privire la influenta H_2 asupra calitatii otelului.

Corelatia H_2 remanent si proprietatile fizico - mecanice ale otelurilor inox cu 0,12 %C ; 12 % Cr
Residual H_2 influence on .12C - 12 Cr stainless steel properties



BIBLIOGRAFIE

[1] **Fagarasanu M., Ursu V., Zamârca S., Popa A., Dobrescu M.:** *Determinarea gazelor si incluziunile nemetalice din materiale metalice.* Bucuresti, Editura Tehnica, 1980

[2] **Tripsa I., Pumnea C.:** *Dezoxidarea otelurilor.* Bucuresti, Editura Tehnica, 1981

[3] **Vacu S., Rizescu C., Berceanu E., Ursu V., Dobresu M.,** s.a.: *Elaborarea otelurilor aliate.* Bucuresti, Editura Tehnica, vol.I, 1980 si vol.II, 1984

[4] **Popescu V., Dragan I., Alexandru T.:** *Tehnologia forjarii.* Bucuresti, Editura Tehnica, 1980

[5] **Chitu G.:** *Dezvoltarea metalurgiei în oala în România.* In: Metalurgia, România, nr.4, 1984

[6] **Chitu G.:** *Rentabilizarea cuptoarelor electrice de elaborare a otelului.* In: Metalurgia, România, nr.3, 1991

REVISTA REVISTELOR

WIRE INDUSTRY, ANGLIA, 1993, Nr. 7

- Noua metoda de control al interfetei pentru încercarile de descarcare partiala a cablului de alimentare de înalta tensiune, p. 403

- Compus fara continut de halogeni, de mare productivitate, si cu degajare mica de fum pentru îmbracarea cablurilor de telecomunicatii, p. 405

- Controlul statistic al procesului îmbunatateste calitatea fibrelor în productia de fibre optice speciale, p. 408

- Supravegnere prin atingere (program de calculator) pentru operatorii de pe liniile de fabricare a cablurilor, p. 412

CINETICA SI TERMODINAMICA TRANSFORMARILOR CE AU LOC IN Fgn BAINITICE PE DURATA REVENIRII LA TEMPERATURI ÎNTRE 360 SI 420^{0}C

Dr. ing. Liu Y. C., conferentiar; Dr. ing. SchisslerJ.M , profesor - L.S.G.2.M. Ecole des Mines de Nancy-Franta

Dr. ing. Munteanu Alexandru, profesor - Universitatea "Transilvania" Brasov

C.Z.:: 669.131.7

Introducere

Fontele cu grafit nodular bainitice de tip A.D.I. au particularitatea ca prezinta proprietati mecanice foarte interesante, mai ales în ceea ce priveste optimizarea combinatiei între rezistenta mecanica, rezistenta la uzura si tenacitate.

Aceste proprietati sunt obtinute dupa sfârsitul primei etape de transformare bainitica când structura este constituita din ferita aciculara bainitica si austenita îmbogatita în carbon.

Este stiut faptul ca structura de la finele primei etape este metastabila, ea având tendinta de a trece într-o stare mai stabila, formata din ferita si silico carburi. Aceasta stare este tipica celei de a doua etape de transformare bainitica si are loc în fontele cu grafit nodular ca urmare a unei mentineri de lunga durata.

Evolutia structurii spre echilibru antreneaza adesea o scadere a ductilitatii si tenacitatii, de aceea în aplicatiile industriale, cea de a doua etapa este frecvent evitata.

Reactia tipica etapei a doua, poate însa sa se efectueze în mod nedorit, pentru piesele din fonta ferito austenitica A.D.I., supuse un timp mai îndelungat la temperaturi relativ ridicate. Conditiile de lucru, pentru aceste piese, pot fi asemanate cu reveniri de lunga durata, la temperaturi diverse.

Asupra cineticii transformarii la revenire a fontei cu grafit nodular ferito austenitice de tip A.D.I. exista putine informatii. Cunoasterea evolutiei transformarii pe durata revenirii este foarte utila deoarece, în acest fel, este posibila estimarea modificarii proprietatilor de utilizare pentru o anumita temperatura de serviciu.

Studiul cineticii obtinerii fontei bainitice de tip A.D.I., în prima perioada de transformare a fost efectuat de **Liu, Schissler si Munteanu** [4]. In acel studiu s-a pus în evidenta posibilitatea de a se urmari cinetica transformarii cu ajutorul relatiei lui **Johnson-Mehl**, furnizându-se totodata valorile parametrilor de cinetica globala.

Scopul prezentei lucrari îl constituie calcularea parametrilor cineticii globale în cazul transformarilor ce au loc la revenirea fontelor de tip A.D.I. si, pe de alta parte, compararea acestor parametri cu cei obtinuti pentru aceleasi fonte pe durata desfasurarii primei etape (etapa prin care se realizeaza practic fontele A.D.I.).

Tehnica experimentala

Fontele cu grafit nodular, a caror compozitie chimica este data în tabelul 1, au fost elaborate, modificate si turnate în conditii industriale, conditii amintite în studiul [4].

Compozitiile chimice au fost alese în mod deliberat pentru a se studia influenta Mn si influenta cumulata a Mn, Ni si Cu asupra cineticii transformarilor si termodinamicii revenirii fontelor cu grafit nodular de tip A.D.I.

Tabelul 1

Compozitia chimica si duritatea fontelor în stare bruta de turnare
Chemical composition and hardness of cast irons

Fonta	C	Compozitie chimica, %								HV30
		Si	Mn	Mo	Cr	Ni	Cu	S	Mg	
A	3,46	2,71	0,06	0,01	0,043	0,20	0,058	0,008	0,058	191
B	3,40	2,35	0,55	0,026	0,047	0,092	0,49	0,004	0,063	281
C	3,50	2,63	0,28	0,01	--	0,07	0,36	0,01	0,047	232
D	3,55	2,63	0,97	0,01	--	0,05	0,36	0,008	0,042	275

Analiza transformarii la revenire s-a facut pe baza masurarii intensitatii de magnetizare specifice "σ_s".

Determinarea intensitatii de magnetizare la saturatie a fost efectuata cu ajutorul unei balante magnetice comercializate sub numele "Magne-Gage". Schema de principiu a aparatului este prezentata în figura 1.

Tija B, prevazuta cu un magnet permanent, este fixata la extremitatea unui brat de balanta echilibrata de masa "P". Pentru efectuarea unei masuratori magnetul este adus în contact cu epruveta, iar forta portanta "F" este masurata de cuplul de torsiune aplicat

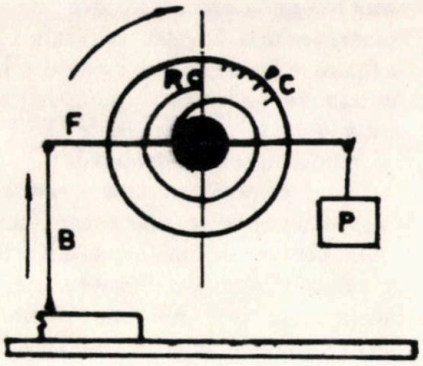


Fig. 1
Schema de principiu a balantei magnetice
Magnetic scales principle

prin intermediul unui resort spiral calibrat "R". Intensitatea de magnetizare "σ_s" masurata în $\mu Tm^3/kg$ este data, cu o precizie r = 0,93 în functie de forta "F", de relatia $\sigma_s = F/4$.

Tratamentul termic aplicat epruvetelor a constat la început dintr-o calire izoterma bainitica, care a urmarit obtinerea fontelor de tip A.D.I. Austenitizarea s-a efectuat, pentru toate fontele, la 930^0C timp de 30 min. într-un cuptor pat fluidizat sub atmosfera de azot, iar racirea rapida si mentinerea izoterma s-a facut într-o baie de sare cu temperatura de 380^0C. Mentinerea la temperatura de 380^0C a durat pâna la sfârsitul primei etape, astfel încât structura finala sa fie formata din ferita aciculara si austenita îmbogatita în carbon. Dupa terminarea primei etape, a carei durata a fost determinata experimental, dilatometric, în lucrarea [4] epruvetele au fost racite în apa.

Duritatea (HV_{30}), intensitatea de magnetizare "σ_s" si durata de mentinere pâna la sfârsitul primei etape pentru fontele cu grafit nodular bainitice sunt prezentate în tabelul 2.

Tabelul 2

Valorile duritatii HV, a magnetizarii si durata primei etape pentru fontele analizate

Fonta	A	B	C	D
HV30	330	317	327	329
σ_s	73,6	51	51	43,6
tlet min	60	240	240	480

Se poate vedea ca dupa prima etapa, cu cât fonta este mai aliata cu atât cantitatea de austenita îmbogatita, paramagnetica este mai mare si intensitatea de magnetizare "σ_s" este mai mica.

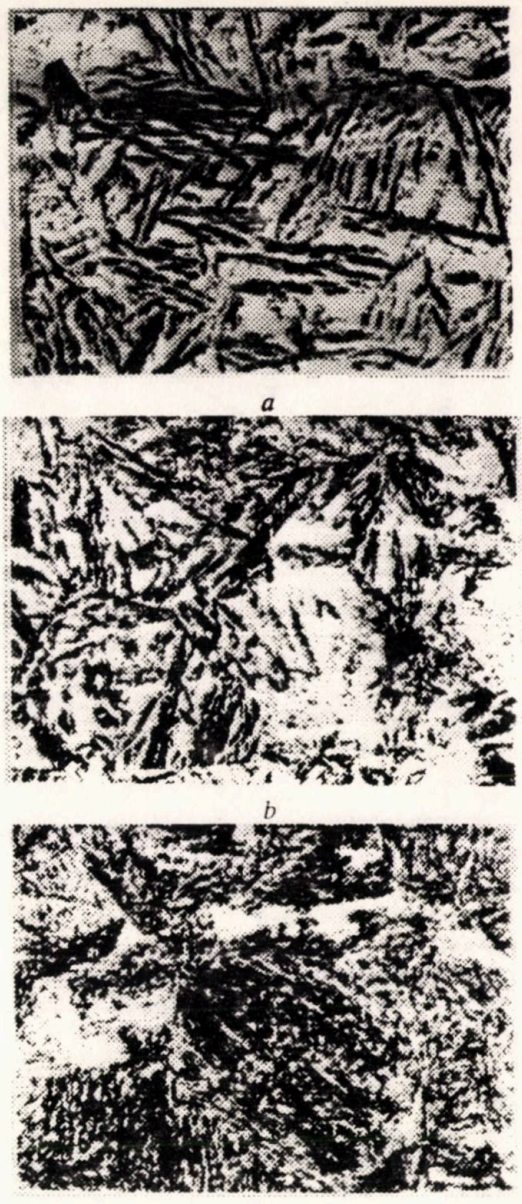


Fig. 2
Evolutia structurii fontei B bainitice de tip A.D. I. în cursul revenirii
ADI - type bainitic iron (B) structure evolution during tempering

Epruvetele cu structura bainitica au fost supuse apoi unor reveniri în cuptoare bai de sare la temperaturi între 360 si 420^0C, urmarindu-se de fiecare data evolutia structurii, duritatii si intensitatii de magnetizare "σ_s".

Rezultate experimentale si discutii

In timpul revenirii izoterme structura ferito austenitica a fontelor A.D.I. evolueaza lent spre o structura mai stabila formata din ferita si carburi :

$(\alpha) + (\gamma) \rightarrow \alpha + C$

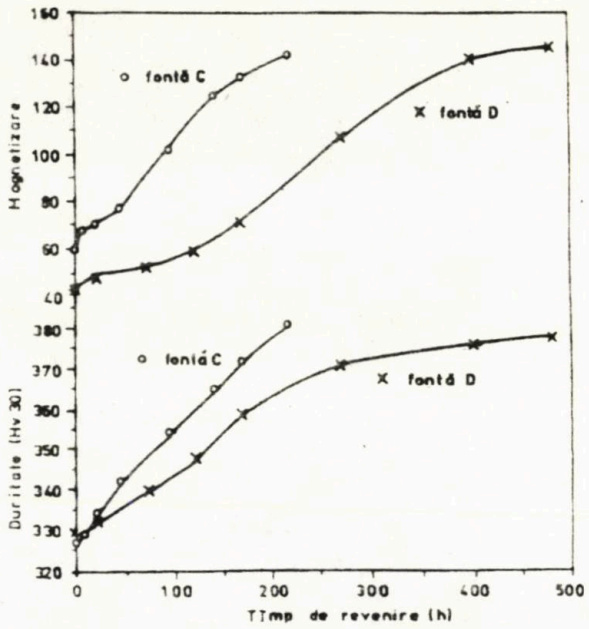


Fig. 3

Evolutia duritatii si magnetismului în cursul revenirii la 360^{0}C pentru fonta C si fonta D

Hardness and magnetism evolution during 360^{0}C tempering

Aceasta transformare nu antreneaza, cum s-a constatat experimental, modificari de volum specific sensibile, capabile de a fi decelate dilatometric, dar este acompaniata de o crestere a magnetizarii si a duritatii.

In figura 2 am prezentat un exemplu de evolutie structurala a unei fonte cu grafit nodular bainitice în cursul revenirii la 360^{0}C.

Se remarca faptul ca începând cu 46 h structura ferito austenitica începe sa se descompuna în anumite zone si ca dupa 216 h de revenire este formata numai din ferita si carburi, bainita aciculara nemaifiind vizibila.

Studiul transformarii pe durata mentinerii fontelor A.D.I. la temperaturi ridicate poate fi facut admitând o relatie liniara între variatia de duritate sau de intensitate de magnetizare specifica si cantitatea de faza transformata (5).

In figura 3 se arata, în paralel, aspectul curbelor de variatie al duritatii si al intensitatii de magnetizare specifica pentru fontele C si D cu o structura initial bainitica.

Dat fiind ca determinarea "σ_s" este mai precisa si mai sensibila decât determinarea duritatii, pentru urmarirea evolutiei structurii în timpul revenirii s-a utilizat intensitatea de magnetizare specifica.

Fractia de austenita îmbogatita transformata: X = f(t), exprimata în functie de intensitatea de magnetizare, poate fi definita în felul urmator:

$$X(t) = (\sigma_{s(t)} - \sigma_{s(0)})/(\sigma_{s(f)} - \sigma_{s(0)}) \qquad (1)$$

unde: $\sigma_{s(0)}$, $\sigma_{s(t)}$ si $\sigma_{s(f)}$ sunt valorile intensitatii magnetice initiale, la momentul t si în finalul transformarii.

Curbele X = f(t) reprezentând evolutia reactiei

$$(\alpha) + (\gamma) \rightarrow \alpha + C$$

sunt trasate în figura 4, pentru revenirile fontelor studiate la diferite temperaturi. In aceasta figura se poate observa ca aspectul curbelor nu este identic tuturor fontelor, ceea ce confirma faptul ca elementele de aliere joaca un rol important asupra revenirii.

La o temperatura data se remarca faptul ca aspectul curbelor X(t) pentru fonta D, mai aliata, prezinta o transformare mai lenta fata de celelalte fonte. De exemplu, la 400^{0}C timpul corespunzator unei transformari realizate într-o proportie de 15% este de 8 h, pentru fonta D, în timp ce pentru fonta C este de numai 2 h (fig. 4, c).

In toate cazurile avansarea fractiei transformate în timpul revenirii este cu atât mai rapida cu cât temperatura este mai mare. Pentru fonta B sunt necesare 260 h de mentinere izoterma pentru a se atinge sfârsitul transformarii la 360^{0}C si numai 6 h la temperatura de 420^{0}C. In acelasi timp se observa ca influenta elementelor de aliere asupra cineticii de descompunere a austenitei îmbogatite în carbon este mai importanta la temperaturile mai ridicate ale intervalului de revenire practicat.

Tabelul 3

Valorile coeficientilor globali "n" si "k" pentru fontele studiate

Global indexes "n" and "k" values for analysed cast irons

T. rev C	n & k	A	B	C	D
		Tip de fonta			
360	n	1,2945	1,4507	1,289	1,3537
	k*10(1/min)	3,7417	4,9627	3,977	1,5828
380	n	1,3762	1,835	1,366	1,8467
	k*10(1/min)	2,0555	2,867	2,058	1,127
400	n	1,6815	2,1628	1,669	1,8501
	k*10(1/min)	8,222	10,768	8,739	3,883
420	n	1,8037	2,1464	1,7289	1,6827
	k*10(1/min)	26,310	30,304	28,565	11,943
360 - 420	n mediu	1,546	1,898	1,5134	1,6833

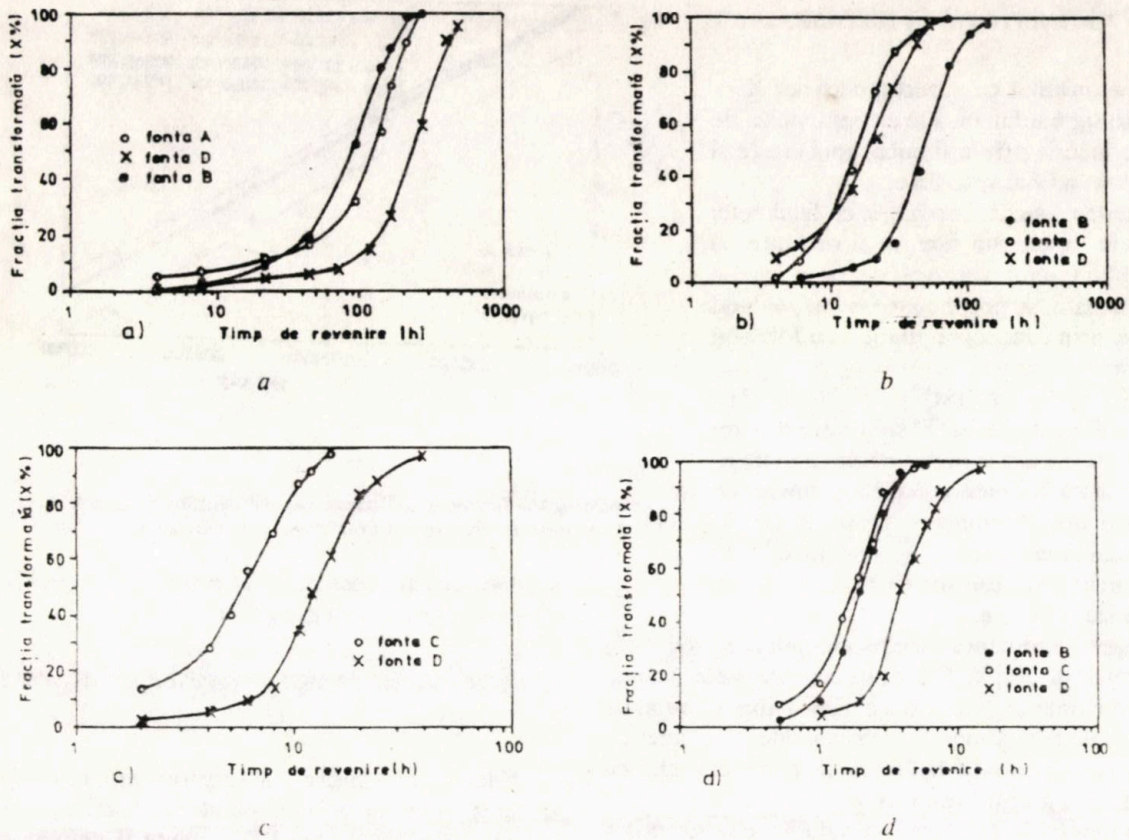


Fig. 4

Fractia transformata X(t) pe perioada revenirii la: a) 360^{0}C; b) 380^{0}C; c) 400^{0}C si d) 420^{0}C
Tempering transformed fraction X(t) at: a) 360^{0}C; b)380^{0}C; c) 400^{0}C; d) 420^{0}C

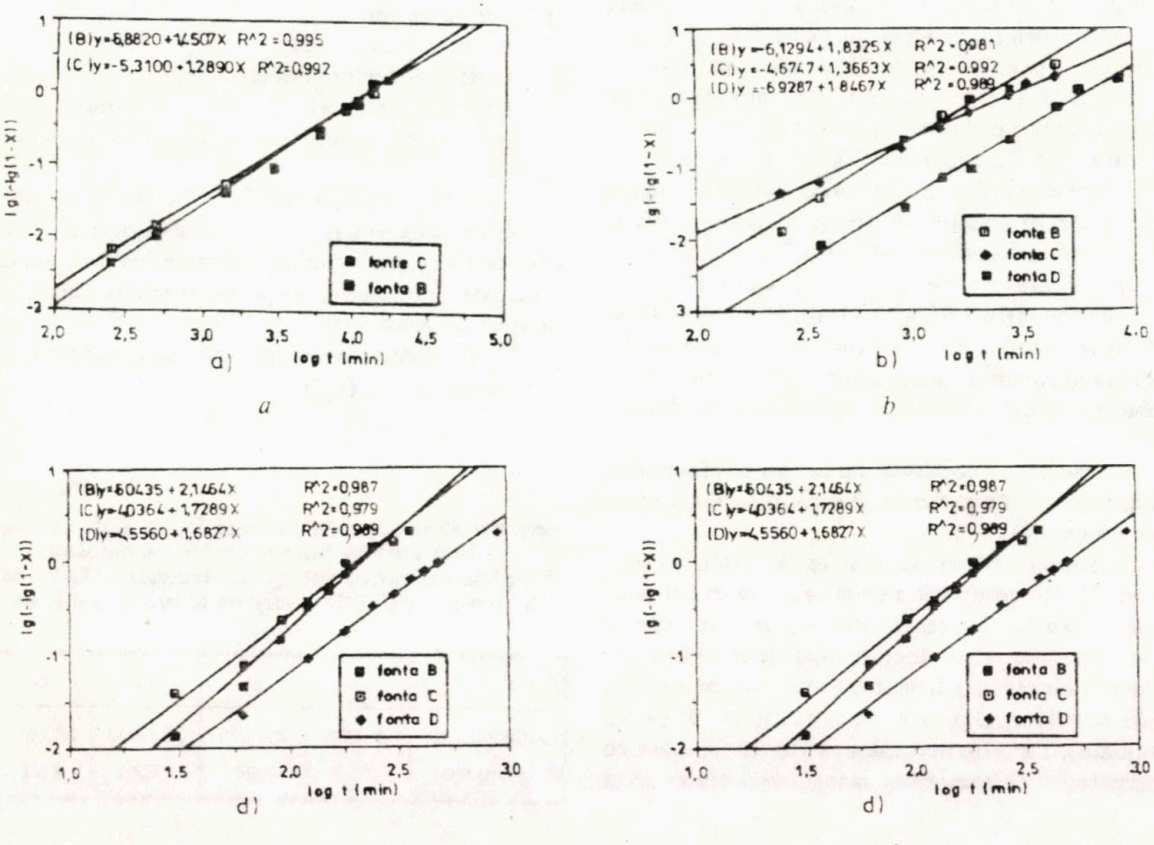


Fig. 5

Relatia între logt si log(- log(1 - x)) dupa revenire la: a) 360^{0}C; b)380^{0}C; c) 400^{0}C; d) 420^{0}C
Log t - log (-log(1 - x) relation after tempering at:a) 360^{0}C; b)380^{0}C; c) 400^{0}C; d) 420^{0}C

Calculul coeficientilor cinetici ai transformarii la revenire

S-aconstatat ca aspectul curbelor X = f(t) este sigmoidal, cu alte cuvinte, viteza de reactie începe prin a fi mica, apoi creste si descreste în final spre zero.

Pentru reactii eterogene, de felul celei analizate în aceasta lucrare si realizate cu contributia unui amestec de faze, fractia transformata, se poate exprima într-un mod empiric prin cunoscuta relatie a lui Johnson si Mehl:

$$X(t) = 1 - \exp[-(kt)^n] \qquad (2)$$

Coeficientii "n" si "k" sunt niste marimi ce caracterizeaza transformarea. Exponentul "n" este adimensional si depinde de procesul de germinare si crestere, iar "k" este coeficientul vitezei de reactie, ce este influentat de temperatura la care se realizeaza procesul.

Figura 5 prezinta variatia marimii log [-log(1-x)] în functie de log t. Ele arata ca diferitele puncte experimentale se plaseaza, cu o buna aproximatie, pe drepte, ceea ce demonstreaza ca modelarea cineticii transformarii, poate fi facuta în bune conditii cu ajutorul ecuatiei Johnson-Mehl.

In tabelul 3 sunt furnizate valorile coeficientilor "n" si "k" calculate cu ajutorul parametrilor dreptelor de regresie din figurile 5-a, b, c si d, în functie de temperatura de revenire pentru toate fontele studiate.

Analiza acestui tabel permite obtinerea mai multor informatii, privind influenta elementelor de aliere si a temperaturii asupra transformarii, fata de simpla comparare a pozitiei si aspectului curbelor.

Se constata ca exponentul "n" se modifica putin în functie de temperatura de revenire.

Valorile relativ mari pentru "n" sunt obtinute în cazul temperaturilor de revenire mai mari decât temperatura de mentinere izoterma care a servit la obtineria fontelor de tip A.D.I. ($T_{rev} \geq T_{izo} = 380^0$C). In toate cazurile însa valorile medii ale lui "n" sunt cuprinse între 1,55 si 1,85 (tab. 3). Dupa **Christian** [6] la valori ale lui "n" care se apropie de 1,5 cresterea germenilor are loc prin difuzie pornind de la niste particule de volume de luat în considerare, initial.

In cazul acesta cresterea carburilor se efectueaza pornind de la niste germeni de carburi formati initial prin forfecare [7].

Constanta vitezei de reactie "k" (tab. 3) este functie atât de compozitia chimica a fontei cât si de temperatura de revenire. Pentru una si aceeasi calitate de fonta cu cât temperatura de revenire este mai înalta cu atât coeficientul k este mai mare. Cea mai mare valoare a lui k corespunde fontei B (fonta slab aliata), iar valoarea minima fontei D, ceea ce demonstreaza ca adaugarea manganului diminueaza

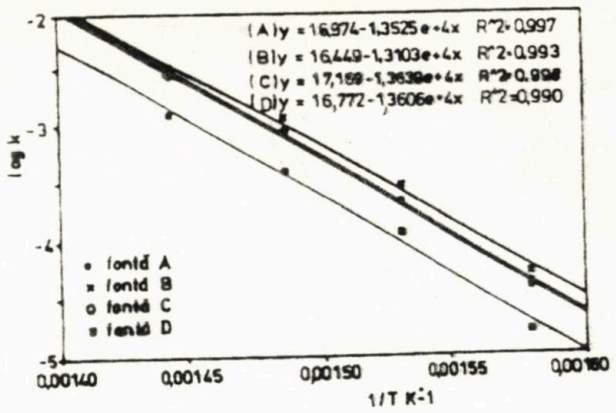


Fig. 6

Dreptele log k în functie de 1/T pentru calculul valorilor lui Q si A
Log k variation depending on 1/t for Q and A computation

marimea acestui coeficient, iar nichelul si cuprul pot neutraliza efectul manganului.

Determinarea energiei empirice de activare Q

Energia de activare Q a transformarii, ce are loc pe durata mentinerii la temperatura fontei cu grafit nodular bainitice de tip A.D.I. poate fi definita cu ajutorul ecuatiei lui Arrhenius:

$$k = A * \exp(-Q/RT) \qquad (3)$$

unde:

k este constanta vitezei de reactie, 1/min;
Q - energia de activare, J/mol;
T - temperatura absoluta, K;
R - constanta gazelor perfecte 8,31, J/mol K;
A - factorul de frecventa, 1/min.

Sub forma logaritmata ecuatia lui Arrhenius devine:

$$\log k = -0{,}434Q/R*(1/T) + \log A \qquad (4)$$

Aceasta exprimare semnifica ca valorile 1/T si log k (daca fenomenul respecta aceasta lege) se aseaza dupa o dreapta, cu o panta proportionala cu marimea energiei de activare Q.

Pentru fontele analizate s-au trasat dreptele log k functiune de 1/T (fig. 6).

Tabelul 4

Energia de activare empirica si factorul de frecventa la revenirea fontelor bainitice studiate
Empiric activation energy and frequency factor at the tempering of the analysed bainitic cast irons

Fonta	A	B	C	D
Q (KJ/mol)	259,86	251,015	261,283	260,651
A(1/min)*10	11,27	2,81	14,75	5,91

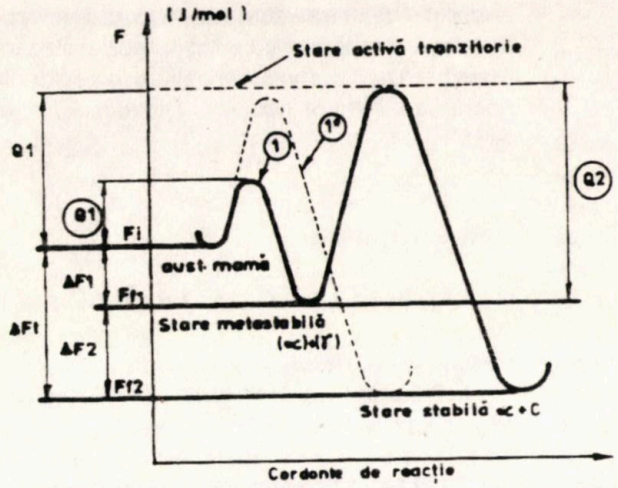


Fig. 7

Schema variatiei energiei libere în cursul transformarii austenitei la temperaturi în intervalul de formare al bainitei superioare

Free energy variation diagram during austenite transformation in the upper bainitic temperatures range

Panta acestor drepte nu difera prea mult, ceea ce indica ca valorile energiilor de activare sunt apropiate.

Pentru toate fontele analizate valoarea energiei Q este cuprinsa între 251000 si 262000 J/mol, valorile mai mari fiind determinate pentru fontele mai bogat aliate.

Aceste valori sunt apropiate de 290.000 J/mol, marime data de **Godard** [8], care corespunde energiei necesare autodifuziei atomilor de fier în cursul celui de al doilea studiu de revenire al martensitei în oteluri. Totodata valorile determinate sunt apropiate de 230000 J/mol, date de **Dorazil** [3] pentru transformarea bainitica la 370^{0}C a unui aliaj Fe-C-Si. Comparând valorile energiei de activare Q obtinute la revenirea fontelor A.D.I. (tab. 3) cu cele obtinute de noi pe aceleasi fonte, dar pentru realizarea transformarii în prima etapa (4) (17000-22000 J/mol), se constata ca revenirea necesita o energie de activare de aproape 10 ori mai mare.

Aceasta observatie este în acord cu principiul vitezei de reactii maxime [5] care afirma ca daca se considera doua cai de evolutie, de la o stare instabila spre o stare stabila, la o temperatura constanta, cea mai probabila cale este aceea care permite energiei libere sa descreasca cel mai rapid.

Variatia energiei libere în cursul celor doua posibilitati este prezentata în figura 7.

În principiu austenita "mama" poate sa se transforme pe doua cai spre starea de echilibru maxim formata din ferita si carburi. Calea întâi ce se realizeaza în conditiile mentinerii îndelungate la temperatura constanta, pâna la sfârsitul celei de a doua etape si calea întâi* de transformare directa în ferita si carburi, mai putin probabila.

Desi structura cea mai stabila (α + C) este cea mai probabila, întrucât forta motrice ΔF_t este maxima, se vede ca totusi în cazul fontelor cu grafit nodular, la început apare o stare mai putin stabila (α) + (γ) realizata cu o forta motrice mai slaba ΔF_1.

Aceasta situatie se explica prin agitatia termica dezordonata a atomilor ce depasesc preferential cele mai joase bariere energetice care duc la scaderea energiei libere ($F_{f1} < F_i$).

In cazul acesta Q_1 este mult mai mic decât Q_1^* si în consecinta structura ferito austenitica este creata mai întâi si cu cea mai mare viteza. Daca se întrerupe reactia bainitica dupa încheierea primei etape, structura fontei este metastabila întrucât ea poseda înca o energie libera superioara starii finale (F_{f2} F_{f1}). Totodata, la temperatura mediului ambiant, desi exista forta motoare ΔF_2 (fig. 7), energia interna a atomilor nu este suficienta pentru a realiza transformarea în cea de a doua etapa. Pentru a se ajunge la starea finala de echilibru trebuie activat sistemul ferita si austenita, fie printr-o încalzire continua la o temperatura superioara fie printr-o mentinere izoterma de lunga durata.

Cresterea energiei interne a atomilor antreneaza posibilitatea de depasire a barierei Q, energie necesara atingerii starii de echilibru.

In cazul otelurilor obisnuite transformarea bainitica presupune aceste doua etape, dar prima se desfasoara foarte rapid si nu poate fi urmarita pe cale microscopica.

Existenta a doua etape de transformare în cazul aliajelor Fe-C-Si si a fontelor cu grafit nodular este pusa pe seama continutului ridicat de siliciu care face sa creasca nu numai bariera energetica Q*, dar actioneaza si în directia micsorarii vitezei de difuzie a carbonului în austenita. Adaugarea siliciului reduce diferenta între energiile libere (F) a austenitei si feritei care actioneaza în sensul diminuarii fortei motrice a reactiei $\gamma \rightarrow \alpha$(3).

Importanta cunoasterii energiei de activare Q si a factorului de frecventa A în cursul revenirii rezida din faptul ca permite calcularea valorilor lui k si apoi a fractiei transformate la orice temperatura.

S-a obtinut de exemplu pentru fonta B la temperatura de revenire de 370^{0}C (temperatura neexperimentata) valoarea lui k. Utilizând apoi aceasta valoare ($k = 1{,}139 \cdot 10^4$ 1/min), în ecuatia Johnson-Mehl, se calculeaza durata ce corespunde unui procent de 99%, transformare care este de 97,4 h. Aceasta valoare este cuprinsa între cele obtinute experimental la 360si 380^{0}C, ceea ce dovedeste valabilitatea datelor obtinute si modelul adoptat.

Concluzii

Studiul cineticii si termodinamicii transformarii în cursul revenirii fontelor cu grafit nodular de tip A.D.I. a pus în evidenta urmatoarele:

♦ Cinetica transformarii în cursul revenirii fontelor bainitice de tip A.D.I. la temperaturi cuprinse între 360-420^{0}C poate fi urmarita si modelata prin ecuatia lui Johnson-Mehl. Valorile medii ale coeficientului "n" variaza între 1,5 si 2 si sunt influentate de mecanismul de germinare si crestere, precum si de natura carburilor precipitate.

♦ Constantele de viteza "k" sunt functie nu numai de temperatura ci si de continutul în elemente de aliere. Valoarea lui "k" este cu atât mai mare cu cât temperatura este mai mare si continutul de elemente de aliere este mai mic. Printre elementele de aliere, manganul este cel mai eficace pentru întârzierea descompunerii structurii ferito austenitice. Adaugarea de nichel si de cupru poate neutraliza într-un mod sensibil influenta manganului.

♦ Energia de activare empirica este situata în domeniul 250000- 260000 J/mol. Astfel, reactia (α) + (γ)→ α + C se realizeaza cu o viteza mai mica decât reactia γ → (α) + (γ).

♦ Studiul prin dilatometrie a cineticii transformarii pe durata revenirii în cazul fontelor cu grafit nodular de tip A.D.I. nu este posibil întrucât dilatometria nu este suficient de sensibila pentru masurarea variatiilor de volum nesemnificative.

♦ Estimarea duratei corespunzatoare unei anumite fractii transformate în cursul revenirii este deosebit de însemnata pentru modelarea transformarii bainitice si control al calitatii pieselor din fonta bainitica cu grafit nodular utilizate la temperaturi ridicate.

BIBLIOGRAFIE

[1] **J.M.Schissler, Y.C.Liu, J.P.Chobaut, P.Brenot**: *Proceeding of 1991 World Conference on A.D.I.*, Chicago, 12-19 martie, 1991

[2] **K.B.Rundman, D.M.Moore, T.N.Rouns:** A.F.S. Trans, S.U.A., vol. 115, p.765

[3] **E.Dorazil:** High Strength A.D.I., Anglia, 1990

[4] **Y.C.Liu, J.M.Schissler, Al.Munteanu:** *Cinetica primei etape de transformare bainitica a fontelor cu grafit nodular de tip A.D.I.* In: Metalurgia, România, martie 3-4, 1994

[5] **J.Burke**: La cinetique des Changement de Phase dans les Metaux, Paris, 1968

[6] **T.W.Christian**: The Theory of transf. in Metals and Alloys, New York, 1990

[7] **B.P.Sandpoik**: Metallurgical Trans. A, S.U.A., vol. 13A, mai 1982

[8] **B.Godard**: Teza de doctorat, Universitatea din Nancy, 1982

REVISTA REVISTELOR

REVUE DE METALLURGIE, FRANTA, 1993, Nr.5

- Introducere interna: evolutiile microstructurale în metale, p.591
- Evolutiile microstructurale ale diverselor morfologii ale aliajului Ti-GAl-4V în timpul si dupa deformarea la cald simulata prin încercarea la rasucire, p.599
- Studiul cineticii sinterizarii cu ajutorul modelelor ansamblurilor aleatoare, p.611
- Mecanismele de durificare si prioritatile mecanice ale unui aliaj al W functie de temperatura de sinterizare, p.623
- Studiu calorimetric al revenirii otelului Z3CNDA 13-08, p.629
- Influenta originii tensiunilor reziduale asupra relaxarii lor termice în otelurile aliate, p.637
- Sonda atomica în metalurgia fizica: limite actuale si perspective, p.651
- Superaliajele monocristaline pentru paletele de turbina ale motoarelor moderne de avion, p.659
- Modelarea comportamentului termic al unui lingou de titan retopit cu jet de electroni, p.675
- Dozarea carbonului în solutie în otelurile cu continut unic de carbon prin masurarea puterii termoelectrice. Aplicatie la determinarea cantitatii de carbon în solutia solida în diferite etape ale unei recoaceri continue, p.685
- Masuratori ale închiderii fisurii si analiza propagarii fisurii la oboseala la solicitare cu amplitudine variabila, p.697
- Simularea în laborator a uzurii rolelor suport ale benzilor transportoare, p.709
- Studiu de extractie a aurului în mediu de clorura folosind amina tertiara Alamine 304, p.717
- Detectia defectelor de pe tablele vopsite prin masurarea locala a potentialului de suprafata, p.724
- Metale si aliaje de înalta puritate. Influenta elementelor de microaliere, p.726
- Repararea captuselii furnalului 1 la Sollac Fos pentru a treia campanie, p.757

CONSIDERATII PRIVIND FORMAREA IZOTERMA A CARBURILOR LA CEMENTAREA OTELURILOR SLAB ALIATE

Universitatea "Politehnica" Bucuresti - S. I. M.

Dr. ing. Vasile Toma, sef lucrari, ing. Ciuca Sorin, sef lucrari - Universitatea "Politehnica" Bucuresti

C.Z.: 669.15.194.2

Consideratii generale

Cercetarile efectuate asupra proceselor de saturare simultana a materialului din stratul superficial al produselor pe baza de fier cu carbon si azot au aratat ca un compus se poate forma în timpul mentinerii la temperatura de saturare, deci în conditii de echilibru, daca, si numai daca sunt îndeplinite simultan doua conditii:

a) $C_{ech} > C_{sat}$, în care C_{sat} reprezinta limita de solubilitate a carbonului în austenita, la temperatura la care are loc procesul

b) Compusul care se formeaza este de fapt o solutie solida pe baza acestui compus, deci elementul activ, în cazul analizat carbonul, are un interval de solubilitate în compusul (carbura) respectiv.

Lucrarea îsi propune sa readuca în discutie si sa verifice generalitatea celor doua conditii mentionate anterior, de data aceasta în cazul carburarii cu precizarea naturii carburilor care se formeaza, acestea din urma influentând prin formarea în prima etapa si dizolvarea în etapa a doua cinetica globala a procesului de carburare prin utilizarea ciclurilor combinate.

Experimental [1] s-a dovedit, si în cazul carburarii, valabilitatea primei conditii care trebuie îndeplinita pentru formarea carburilor, $C_{ech} > C_{sat}$.

S-a constatat prezenta carburilor libere în stratul superficial al probelor din oteluri slab aliate carburate, în conditiile în care concentratia de echilibru depaseste limita de saturatie a carbonului în austenita aliata la temperatura de carburare, în timp ce în probele din aceleasi oteluri carburate în conditiile $C_{ech} > C_{sat}$, nu apar carburi libere.

In ceea ce priveste a doua conditie lucrarea de fata îsi propune sa aduca unele contributii în acest sens.

Model privind calculul formarii izoterme a carburilor

Astfel, se considera o atmosfera de cementare continând elementul activ (care constituie obiectul cementarii), B, care interactioneaza cu o matrice metalica cu structura unei solutii solide de B în A. Cei doi componenti, A si B pot forma în urma interactiunii, prin depasirea limitei de solubilitate a componentului B în solutia solida, compusul Am Bn, potrivit relatiei:

$$mA + nB = Am\,Bn \qquad (1)$$

unde: A si B semnifica existenta în solutie a celor doi componenti.

Formarea compusului Am Bn conform relatiei (1) având o energie libera de formare ΔG°, care trebuie calculata, poate fi prezentata ca o suma a unor reactii pentru care energiile libere de reactii sunt cunoscute:

$$mA_{solid} + nB_{solid} = AmBn \qquad \Delta G^{0}_{AmBn} \qquad (2)$$

$$mA = mA_{solid} \qquad \Delta G^{0}_{1} = -mRT\ln a_A \qquad (3)$$

$$nB = nB_{solid} \qquad \Delta G^{0}_{2} = -nRT\ln a_B \qquad (4)$$

$$mA + nB = AmBn \qquad \Delta G^{0} = \Delta G^{0}_{AmBn} + \Delta G^{0}_{1} + \Delta G^{0}_{2} \qquad (5)$$

Intrucât compusul AmBn se afla în echilibru cu solutia solida, $\Delta G^{0} = 0$ si deci:

$$\Delta G^{0}_{AmBn} - MRT\ln a_A - nRT\ln a_B = 0 \qquad (6)$$

deci:

$$\ln L = \ln(a_A^m \cdot a_B^n) = \frac{\Delta G^{0}_{AmBn}}{RT} \qquad (7)$$

Marimea $L = a_A^m \cdot a_B^n$ se numeste produsul activitatilor componentilor în solutie, iar relatia (7) reprezinta conditia necesara de separare a compusului AmBn din solutia solida.

In cazul concret analizat al unei carburi $M_{ex}C_y$ produsul activitatilor $L_{M_{ex}C_y}$ se exprima prin ecuatia:

$$L_{M_{ex}C_y} = a_{Me}^{x} \cdot a_{C}^{y} \qquad (8)$$

unde: a_{Me}^{x} *si* a_{C}^{y} sunt activitatile metalului si carbonului în solutie, iar marimea M_{MexCy} se exprima cu ajutorul energiei libere de formare a carburii, prin relatia (7):

$$\Delta G^{0}_{MexCy} = RT\ln L_{M_{ex}C_y} \qquad (9)$$

relatie din care rezulta ca o carbura este cu atât mai stabila cu cât variatia (scaderea) de energie libera la formarea ei este mai mare, respectiv cu cât produsul activitatilor $L_{M_{ex}C_y}$ este mai mic.Din relatia (9) rezulta de asemenea ca valoarea concentratiei carburilor în solutie solida, în echilibru cu carbura depinde nu numai de marimea $\Delta G^0_{M_{ex}C_y}$, ci si de activitatile metalului care formeaza carbura si carbonului. La o valoare ridicata a concentratiei metalului, carbura se poate forma la o concentratie mica a carbonului si invers, la o concentratie mare a carbonului, formarea carburii poate avea loc la valori mici ale activitatii (concentratiei) metalului.

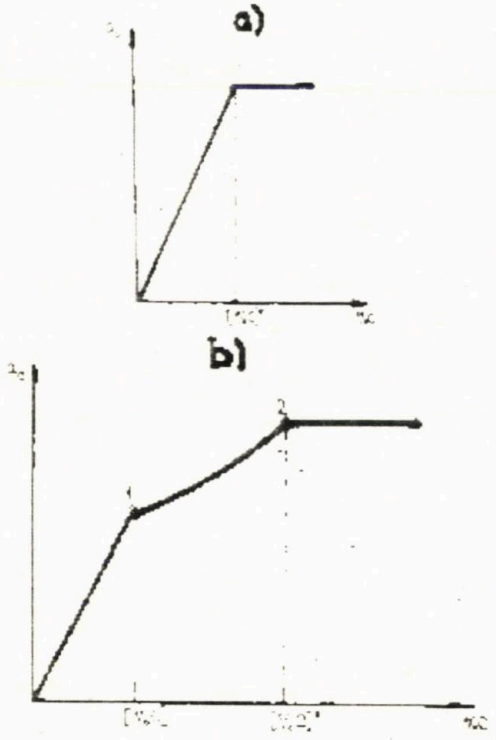


Fig. 1

Dependenta activitatii carbonului în solutia binara (a) si ternara (b)

Carbon activity in binary (a) and tertiary (b) solutions

In solutiile tricomponente, unde în afara fierului si carbonului exista înca un metal de aliere, conditiile de separare a carburii se modifica. Aceasta diferenta se poate ilustra grafic. In figura 1,a este prezentata, la temperatura constanta, dependenta activitatii carbonului de concentratia lui în solutia binara, iar în figura 1,b aceeasi dependenta în solutia ternara Fe-Me-C.

Din figura 1,a rezulta ca la o concentratie a carbonului, % C, se atinge valoarea limita a activitatii, corespunzatoare produsului activitatilor pentru cementita.

Cresterea în continuare a concentratiei carbonului în sistem (de exemplu prin carburare) va duce numai la cresterea proportiei de carbura separata, compozitia solutiei solide ramânând neschimbata.

Exemplu de calcul pentru sistemul Fe-Cr-C

Având în vedere obiectivul lucrarii, acela de a evidentia, pe de o parte, conditiile termodinamice ale formarii carburilor si, pe de alta parte, natura carburilor s-a analizat pentru început sistemul Fe-Cr-C.

In figura 2 este prezentata dependenta activitatii carbonului de concentratie [2].

In sistemul Cr-C pot aparea trei tipuri de carburi Cr_7C_3, Cr_2C_3 si $Cr_{23}C_6$ care au entalpiile libere de formare la 1000^0C [1].

$\Delta G_{Cr_7C_3}$ = - 207000 j/at.gram.

$\Delta G_{Cr_2C_3}$ = - 98000 j/at.gram.

$\Delta G_{Cr_{23}C_6}$ = - 76000 j/at.gram.

Din compararea acestor date rezulta ordinea de formare a acestor carburi: Cr_7C_3, Cr_2C_3 si $Cr_{23}C_6$.

Se constata din analiza acestor curbe ca în lipsa cromului solutia solida se comporta ca o solutie aproape ideala, cu mici abateri negative de la comportarea solutiilor infinit diluate (legea lui Henry). Prezenta cromului, chiar la continuturi reduse (apx. 1% Cr) în care el se afla în otelurile de cementare, produce fenomenul explicat teoretic si reprezentant în figura 1,n. Schimbarea de panta a curbei respective, pentru continuturi de carbon cu atât mai mici cu cât continutul de crom este mare, începe separarea Cr_7C_6. Se considera:

$\Delta G^0_{Cr_7C_6}$ = - 207,000 j/at.fram;

$$\ln L_{Cr_7C_6} = \ln(a^7_{Cr} \cdot a^3_C) = \frac{(\Delta G^0_{Cr_7+C_6})}{RT} =$$

$$-\frac{207.000}{8,31 \cdot 1273} = \quad 67$$

$a^7_{Cr} \cdot a^3_C = 3,17 \cdot 10$

Pentru calculul activ[illegible]ii cromului în solutia solida se folosesc datele din [illegible]rare [3] în care s-a determinat activitatea cromului în sistemul Fe-Cr în domeniul de existenta al feritei. Pentru concentratii ale cromului mai mici de 10% (%at) coeficientul de activitate determinat, la T_1 = 1667 K este:

f^{α}_{Cr} = 1,90

Entalpia partial molara a cromului în acest interval de concentratie, este:

$\Delta \bar{H}_{Cr}$ = - 10,050 j/at.gram

din ecuatia:

$$\left(\frac{\partial \ln F_{Cr}}{\partial T}\right)_{N_{Cr}} = -\frac{\Delta \bar{H}_{Cr}}{RT^2} \qquad (10)$$

rezulta coeficientul de activitate al cromului la T_2 = = 1273 K.

$$\ln(f^{\alpha}_{Cr})_{T_2} - \ln(f^{\alpha}_{Cr})_{T_1} = -\frac{\Delta \bar{H}_{Cr}}{RT_2^2}(T_1 - T_2)$$

$$\ln(F^{\alpha}_{Cr})_{T_2} - \ln(F^{\alpha}_{Cr})_{T_1} = -\frac{10.050}{8,31.1273^2}(1273 -$$

$$- 1667) \qquad (11)$$

$$\frac{(f^{\alpha}_{Cr})_{T_2}}{(f^{\alpha}_{Cr})_{T_1}} = 1,34 - (f^{\alpha}_{Cr})_{1273K} = 1,34 \cdot 1,9 = 2,54$$

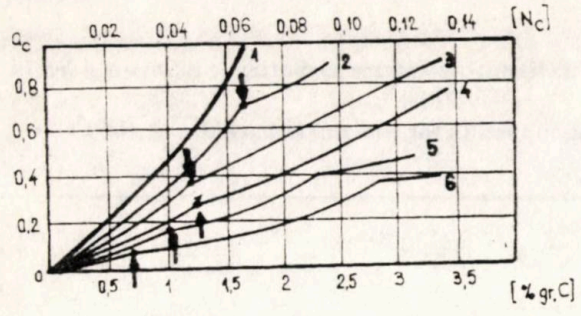


Fig. 2

Dependenta activitatii carbonului de concentratia sa în sistemul Fe - Cr - C, pentru diferite continuturi (% masa) de crom
Carbon activity versus its concentration in Fe - Cr - C system for its various chrome contents (% wt)

La aceasta temperatura, solubilitatea cromului în fier este putin mai mica decât a fierului α, din care cauza coeficientul de activitate trebuie sa fie ceva mai mare decât aceasta valoare calculata. Trebuie de asteptat însa ca în solutiile solide Fe-Cr prezenta carbonului sa micsoreze coeficientul de activitate. Trecerea în aceste conditii de la f^{α}_{Cr}, din sistemul Fe-Cr, la f^{γ}_{Cr} din sistemul Fe-Cr-C trebuie facuta cu corectii de semne diferite, astfel încât se poate aprecia ca într-o aproximatie buna, f^{γ}_{Cr} din sistemul Fe-Cr-C este 2,54.

Ca exemplu de model în care s-a desfasurat calculul, în continuare s-a considerat aliajul în care continutul de crom înainte de carburare este 8,74% (greutate). In acest aliaj, rezulta din figura 2 ca separarea carburii începe la o concentratie de carburare egala cu 0,6% (greutate). Functia atomica a cromului într-un aliaj Fe-Cr-C se calculeaza cu formula:

$$N_{Cr} = \frac{(\%\ greutate)\ Cr\ /\ A_{Cr}}{\frac{(\%greutate)Fe}{A_{Fe}} + \frac{(\%\ greutate)C}{A_C} + \frac{(\%\ greutate)Cr}{A_{Cr}}} \qquad (12)$$

si rezulta: $N_{Cr} = 0{,}0902$ iar activitatea lui $a_{Cr} = 0{,}0902 \cdot 2 \cdot 54 = 0{,}229$. Activitatea carbonului calculata din datele produsului activitatilor este:

$$a_C = \sqrt[3]{\frac{3{,}17 \cdot 10^{-9}}{(0{,}215)^7}} = \sqrt[3]{4{,}709 \cdot 10^{-5}} = 0{,}036$$

Din datele prezentate în figura 2 se constata ca formarea carburii în solutia solida analizata are loc la o activitate a carbonului de apx. 0,07%. Rezultatele calculate prin acest model, comparativ cu cele determinate experimental si folosind datele din figura 2 sunt prezentate în tabelul 1. Din analiza acestor rezultate, în special daca se are în vedere faptul ca în formula produsului activitatilor activitatea cromului apare la puterea a 7-a, si deci erori mici în aprecierea conditiilor de calcul, pot genera greseli mari, rezulta ca datele experimentale sunt într-o concordanta acceptabila cu cele calculate. Se constata ca pentru primele trei aliaje considerate:

a_C calculat $<$ a_C experimental

Aceasta se poate explica prin faptul ca în conditiile respective de temperatura si concentratie, în realitate se separa o carbura mai putin stabila decât cea presupusa Cr_7C_6. Acest lucru este posibil daca se accepta ideea separarii în realitate a unei carburi de crom si fier $(CrFe)_7C_3$, izomorfa cu carbura Cr_7C_3, pentru formarea careia diferenta de entalpie libera este mai mica:

$$(\Delta G^0)_{(CrFe)_7C_3} < (\Delta G^0)_{Cr_7C_3}$$

Instabilitatea carburii formate $(CrFe)_7C_3$ este data de prezenta atomilor de fier, care substituie o parte din atomii de crom din reteaua carburii Cr_7C_3. Posibilitatea înlocuirii unei parti din atomii de crom cu atomii de fier are drept consecinta transformarea carburii Cr_7C_3 într-o solutie solida pe baza carburii $(CrFe)_7C_3$, a carei existenta reala a fost demonstrata pe considerente termodinamice.

In cazul ultimilor doua aliaje se constata o diferenta inversa între valorile calculate si cele experimentale:

a_C calculat $>$ a_C experimental,

Din figura 2 rezulta ca separarea carburii în acest caz se observa practic pentru aceeasi valoare a activitatii carbonului care corespunde echilibrului bifazic. Dat fiind faptul ca în acest caz trebuie sa se separe o faza mai stabila decât carbura de crom Cr_7C_3, aceasta nu poate fi decât cementita Fe_3C, care pe baza aceluiasi rationament poate deveni o solutie solida, si anume cementita aliata $(FeCr)_3C$. Prezenta cromului în aceasta carbura duce la cresterea stabilitatii ei în comparatie cu cementita. Pentru un continut în carbon dat, continutul de crom din otel este acela care dicteaza tipul de carbura format, iar pentru cazul otelurilor de cementare, în care con-

Tabelul 1

Activitatea carbonului în sistemul Fe - Cr - C în echilibru cu carbura la 1273K
Carbon activity in the Fe - Cr - C system at equilibrium with the carbide at 1273K

Concentratia cromului % greutate	Concentratia carbonului la care începe separarea carburii, % greutate	Activitatea carbonului în solutia solida Fe - Cr - C, în echilibru cu carbura	
		Calculata	Determinata experimental
8,74	0,60	0,036	0,07
6,10	0,75	0,092	0,16
3,85	0,90	0,275	0,30
3,14	1,10	0,410	0,40
1,10	1,35	0,724	0,65

tinutul în crom nu depaseste în medie 3%, carbura care se separa este de fapt o solutie solida $(FeCr)_3C$, formata pe baza cementitei, si care îndeplineste si cea de a doua conditie pentru formarea izotermă: carbonul este solubil în aceasta carbura într-un interval de concentratie.

In cazul în care elementele de aliere formeaza carburi izomorfe cu cementita, cum este manganul care formeaza carbura Mn_3C (izomorfa cu Fe_3C), carbura care se formeaza la depasirea de catre Cech a concentratiei de saturatie a carbonului în solutia solida aliata cu elementul respectiv, reprezinta o solutie solida pe baza carburii $(FeMn)_3C$, izomorfa cu cementita, indiferent de concentratia elementului de aliere. Acest lucru este valabil pentru cazul manganului.

Tabelul 2

Rezultatele calculului activitatilor pentru carburile de mangan si fier la 1000^0C

Activity computation results for Mn and Fe carbides at 1000^0C

Compozitia solutiei solide în echilibru cu carbura, % greutate			a_{Fe_3C}	a_{Mn_3C}	$N_{Fe_3C} = \sqrt{a_{Fe_3C}}$	$N_{Mn_3C} = \sqrt{a_{Mn_3C}}$
Mn	Fe	C				
14	84,6	1,41	0,312	0,00515	0,678	0,173
8	90,6	1,42	0,499	0,00125	0,793	0,108
4	94,5	1,46	0,691	0,00019	0,884	0,0575
2	95,5	1,50	0,829	0,000027	0,939	0,030

In continuare se va prezenta o încercare de apreciere a comportarii termodinamice a solutiei solide $(FeMn)_3C$ din sistemul Fe-Mn-C, pe baza datelor experimentale la 1000^0C.

Ca urmare a substituirii reciproce a atomilor de fier si mangan, carbura devine mai stabila, iar activitatea carbonului în solutie solida (la limita separarii carburii) se micsoreaza în comparatie cu austenita nealiata.

Coeficientul de activitate al carbonului în prezenta manganului:

$$f_C Mn = \frac{a_C^{\%Mn}}{(\%greut)Mn} \qquad (13)$$

aceasta nu depinde de concentratia carbonului. Conform acelorasi simplificari, activitatile fierului si manganului în austenita se determina prin ecuatiile:

$$a_{Fe} = \frac{nFe}{nFe + nMn} = N_{Fe} \qquad (14)$$

$$a_{Mn} = \frac{nMn}{nFe + nMn} = N_{Mn} \qquad (15)$$

unde:

nFe si nMn reprezinta cantitatile de atom-gram de fier si mangan pe unitatea de masa a aliajului (de ex. 100 g) utilizând legea actiunii maselor pentru reactiile:

$3Fe + C = Fe_3C$ (în solutie de Mn_3C) (16)

$2Mn + C = Mn_3C$ (în solutie cu Fe_3C) (17)

se obtine:

$$K_1 = \frac{a_{Fe_3C}}{a_{Fe}^3 \cdot a_C} \qquad (18)$$

$$K_2 = \frac{a_{Mn_3C}}{a_{Mn}^3 \cdot a_C} \qquad (19)$$

Constanta, K_1, se poate determina din datele sistemului binar Fe - C, unde $a_{Fe_3C} = 1$ si $a_{Fe} = 1$, în conditiile alegerii unor stari standard corespunzatoare. Astfel $K_1 = \frac{1}{a_C}$, a_C fiind activitatea carbonului în echilibru cu cementita din sistemul binar Fe-C. Constanta K_2 se poate determina din energia libera de formare a Mn_3C:

$$K_2 = -\frac{\Delta G^0_{Mn_3C}}{RT}$$

Considerând (3), pentru aliajele aflate în echilibru cu carbura la 1000^0C (tabelul II), cu ajutorul ecuatiilor (14) si (15) au fost determinate a_{Fe} si a_{Mn} si din K_1 si K_2 s-au calculat a_{Fe_3C} si a_{Mn_3C}. Se constata ca în solutia solida pe baza de carbura, $a_{Fe_3C} \neq N_3C$ si $a_{Mn_3C} \neq N_{Mn_3C}$, întrucât suma

$a_{Fe_3C} + a_{Mn_3C} \neq 1$

Întrucât proprietatile si dimensiunile atomilor de fier si mangan sunt foarte apropiate si solutiile carburilor izomorfe Fe_3C si Mn_3C sunt aproape ideale caldurile de amestec sunt aproximativ nule **Richardson** a presupus ca entalpiile libere de amestec sunt determinate numai de variatia entropiei de configuratie, ca rezultat al substituirii reciproce a atomilor de fier si mangan. Ca urmare, distributia atomilor de fier si mangan în solutia de baza de carbura este complet întâmplatoare, dar amestecarea se face nu la nivelul atomilor, ci la nivelul grupurilor de atomi formati din câte trei atomi de fier, respectiv mangan. In aceste conditii atomii de carbon ocupa locuri fixe, iar variatia de entropie de amestec ca aport al carbonului este nula.

Pe baza acestor ipoteze rezulta ca activitatile Fe_3C si Mn_3C, potrivit legilor solutiilor prefecte:

$a_{Fe_3C} = (N_{Fe})^3 N_C$ (20)

$a_{Mn_3C} = (N_{Mn})^3 N_C$ (21)

unde: N_{Fe} si N_{Mn} sunt fractiile atomice ale partii metalice din solutie,

N_C - fractia atomica de carbon în partea nemetalica a solutiei.

Evident $N_C = 1$ întrucât în solutie nu exista alte nemetale în afara carbonului, iar

$N_{Fe} = N_{Fe_3C}$ si $N_{Mn} = N_{Mn_3C}$

Deci:

$a_{Fe_3C} = N^3_{Fe_3C}$ $\quad N_{Fe_3C} = \sqrt{a_{Fe_3C}}$

$a_{Mn_3C} = N^3_{Mn_3C}$ $\quad N_{Mn_3C} = \sqrt{a_{Mn_3C}}$

Se observa din tabelul II ca :

$N_{Mn_3C} + N_{Fe_3C} = 1$,

ceea ce verifica ipotezele, prin calculul prezentat si implicit ideea ca prezenta Mn în otelurile de cementare duce la formarea carburilor de tip $(FeMn)_3C$ în care solubilitatea Mn si Fe în solutia de baza a acestei carburi este practic nelimitata.

Din pacate lipsesc date experimentale privind influenta molibdenului asupra carburilor separate la carburarea otelurilor care contin acest element. Dat fiind continutul destul de mic din acest element în otelurile de cementare (max. 0,4%) se poate aprecia, pe baza analizei influentei cromului si manganului ca nu se formeaza carburi de molibden de tip Mo_2C sau $(MoFe)_2C$ si carburi de tipul cementitei aliate cu molibden $(FeMo)_3C$.

In conditiile alierii complexe, o analiza termodinamica este practic imposibila, dar se poate presupune, ca si in cazul alierii simple (cu Cr sau Mn), ca în conditii termodinamice favorabile (C_{ech} C_{sat}) pot sa se formeze izoterm carburi de tipul $(Fe\ Me_1, Me_2....)_3C$.

S-a demonstrat în acelasi timp ca înlocuirea Fe cu atomi ai metalelor Me_1, Me_2..., carbura dubla, tripla etc. detine o solutie solida pe baza carburii respective, devenind posibila astfel formarea ei izoterma prin carburare.

Concluzii

In cazul carburarii otelurilor slab aliate, în analiza formarii izoterme a carburilor intervin factori noi. Astfel, în cazul otelurilor de cementare aliate cu elemente carburigene (de exemplu cromul) acestea actioneaza atât asupra primei conditii ($C_{ech} > C_{sat}$) cât si asupra conditiei a doua (carbura sa prezinte compozitie variabila). Intr-adevar, considerând prima conditie, deoarece cromul deplaseaza linia SE a diagramei de echilibru (Fe-C) spre stânga, micsorând domeniul austenitic, micsoreaza deci C_{sat} si ca urmare prima conditie este mai usor îndeplinita (pentru formarea de carburi sunt deci necesare potentiale de carbon mai mici). In ceea ce priveste a doua conditie elementele carburigene, de exemplu cromul, manganul etc. dizolvându-se în cementita si formând cementita aliata $(Fe.Cr)_3C$, $(Fe.Mn)_3C$ etc., maresc domeniul de concentratie în care exista carbura, marind în acest fel probabilitatea de formare izoterma a carburii. Deci, la aceste oteluri devine posibila formarea carburilor nu numai la temperaturi mai mari de circa 850°C, si chiar si la temperaturi mai mici.

Aceasta concluzie este confirmata de faptul ca la carburarea otelurilor 15Cr08, 18MnCr10 si 21MoMnCr12 la 925°C si la $\pi_c = 1{,}2\%$ au rezultat proportii relativ mari de carburi în strat. Faptul ca la aceleasi oteluri carburate la aceleasi temperaturi dar la un potential de carbon mai mic ($\pi_c = 0{,}8\%$C) nu s-au obtinut în strat carburi, se explica prin aceea ca în acest caz $C_{ech} < C_{sat}$.

In cazul otelului 15CrNi15, desi acest otel contine si crom, nu s-au obtinut carburi în stratul carburat, nici la carburarea la potential 0,8% dar nici la potential de carbon 1,2%C. Acest lucru la prima vedere pare inexplicabil deoarece atât cromul cât si nichelul sunt elemente favorizante celei de a doua conditii, marind momentul de concentratie în care exista carbura, deci probabilitatea de formare a carburilor, în acelasi timp ele micsorând si C_{sat}. Explicatia acestei comportari consta în influenta acestor elemente asupra lui $C_{ecg.}$: în timp ce elementele carburigene manifesta o actiune de crestere a continutului în carbon în suprafata în raport cu potentialul de carbon al mediului, elementele necarburigene au o actiune inversa.

Concluziile precedente privind formarea izoterma a carburilor în procesul carburarii prezinta o mare importanta pentru alegerea conditiilor de carburare la potential variabil, procedeu care, pentru aceleasi valori ale concentratiei carbonului în suprafata si a grosimii stratului, duce la o scadere cu circa 10-15% a duratei totale de tratament fata de regimurile simple. Intr- adevar conditiile de folosire a unui ciclu de carburare cu potential în trepte depind de posibilitatea formarii izoterme a carburilor în prima etapa (etapa de saturare) datorita faptului ca potentialul de carbon în aceasta etapa depaseste limita de solubilitate a carbonului în austenita.

Potrivit acestei analize, conditia necesara formarii izoterme a unei carburi o constituie realizarea, pentru o anumita concentratie a carbonului, unei valori limita a activitatii termodinamice corespunzatoare produsului activitatii carburii respective.

In ceea ce priveste natura carburilor posibil de format izoterm în procesul de carburare pe baza unui model termodinamic de calcul, verificarea cu date experimentale, s-a putut stabili natura acestor carburi. Astfel, în cazul unui continut în carbon dat, continutul de crom din otel este acela care dicteaza tipul de carbura folosita. Deci în cazul otelurilor de cementare unde continutul în crom nu depaseste 3%, carbura care se separa este o solutie solida $(FeCr)_3C$, formata pe baza cementitei. Aceasta ipoteza îndeplineste si conditia a doua de formare izoterma a carburii si anume aceea ca în acest caz carbonul este solubil într-un interval de concentratie. De asemenea, prin calcule termodinamice s-a verificat ipoteza ca prezenta manganului în otelurile de cementare duce la formarea carburilor de tipul $(FeMn)_3C$ în care solubilitatea manganului si fierului în solutia pe baza acestei carburi este practic nelimitata.

BIBLIOGRAFIE

[1] **Vasile T.** Teza de doctorat, 1992 Bucuresti, p.185-202

[2] **J.Richardson**, JISO, 1953, p.175

[3] **Collin, R., Thulin, D., Gunnarson, S.**: Haerte Tehn.Mitt, 1970, vol.26, p.85

REVISTA REVISTELOR

STAL, FEDERATIA RUSA, 1993, Nr.4

- *Probleme prioritare ale productiei de aglomerate pentru furnal, p.4*
- *Dezvoltarea automatizarii furnalelor, p.10*
- *Cresterea eficientei conducerii automatizate a incarcarii furnalelor, p.16*
- *Utilaj nou pentru conducerea tehnologica cu program a incarcarii furnalelor, p.18*
- *Modernizarea sistemului automatizat de conducere a furnalului nr.6 de la C.M. Novo-Lipetk, p.20*
- *O noua generatie de sistem automatizat de conducere a furnalului nr.5 de la C.M. Kuznetk, p.22*
- *Marirea eficientei de agitare electromagnetica la turnarea continua a otelului, p.26*
- *Degazarea otelului la turnarea continua, p.28*
- *Imbunatatirea calitatii semifabricatelor pentru profile prin agitarea electromagnetica a metalului în cristali masinii de turnare continua, p.30*
- *Tratamentul otelului cu vibratii - un procedeu de perspectiva de îmbunatatire a calitatii semifabricatelor, p*
- *Etalonarea sistemului de racire în masinile de turnare continua a sleburilor, p.34*
- *Imbunatatirea calitatii electrozilor consumabili semiturnati din otel înalt aliat pentru R.E.Z., p.36*
- *Rolul si importanta rezistentei electrodului la cuptoarele de reducere a minereului, p.38*
- *Directiile rationale ale reutilarii tehnice a liniilor de laminare la cald a benzilor late, p.40*
- *Laminarea controlata a tablei groase din otel 08H18T1, p.42*
- *Precizia geometrica a benzilor laminate la cald si la rece, p.44*
- *Studierea influentei unsorilor asupra calitatii tablelor laminate la rece, p.46*
- *Imbunatatirea calitatii încalzirii lingourilor în cuptoarele adânci de încalzire cu un singur arzator în partea d p.49*
- *Formarea zonei de calibrare a canalului filierelor cu utilizarea catozilor policristalini, p.55*
- *Tehnologia durificarii termice, structura si proprietatile semifabricatelor de înalta rezistenta pentru mufe, p*
- *Influenta tratamentului termic asupra proprietatilor fizico- mecanice ale aliajului 45NHT, p.64*
- *Noile procedee metalurgice - baza succeselor miniuzinelor, p.67*
- *Corporatia Nucor, S.U.A. - bresa tehnologica în viitor, p.70*
- *Aspecte teoretice ale dezvoltarii tehnologiei de fabricatie a sleburilor subtiri, p.74*
- *Conceptia activitatii întreprinderii si a compartimentelor acesteia în conditiile economiei de piata, p.78*
- *Prevenirea poluarii mediului înconjurator cu emanatiile rezultate de la sistemele recirculante de racire cu p.86*

Alexandrov, I.s.a.

Epurarea prin flotare electrica a apelor reziduale rezultate din industria cocsochimic pentru îndepartarea gudronului si a uleiurilor

In: **Koks i himiia**, Federatia Rusa, 1992, nr.7, p.41-44

In articol se prezinta eficienta epurarii prin flotare electrica la o concentratie diferita initiala de gud uleiuri, dependenta gradului de extractie a gudronului si uleiurilor de consumul apei reziduale.

COMPORTAREA LA PASIVARE SI TENDINTA LA COROZIUNE INTERCRISTALINA A OTELURILOR INOXIDABILE 304, 304L SI 316

Dr.ing.Badea Teodora , profesor, Universitatea "Politehnica" Bucuresti
Dr. ing. Bejan Florin - S.C. ICEM S.A., Bucuresti
ing. Ciura Gabriela, asistent, ing. Badea Florin - Universitatea "Politehnica" Bucuresti

C.Z.: 669.018.18

Comportarea la coroziune si pasivare a otelurilor inoxidabile implica potentialul de coroziune, densitatea curentului critic de pasivare si potentialul primar de pasivare este puternic dependenta de compozitia chimica reala a otelurilor comerciale [1]. Conform datelor prezentate de **Wilde** si **Greene Jr.**[1], densitatea curentului critic de pasivare, i_o, depinde de continutul otelului in Mn, Cu, Mo, S, C si Cr si se afla intr-o dependenta exponentiala cu potentialul de coroziune, fiind cu atât mai mare cu cât potentialul de coroziune este mai negativ. Astfel, otelurile cu potentiale de coroziune mai electronegative vor prezenta densitati ale curentului critic de pasivare mai mare si o tendinta redusa la pasivare spontana in medii slab oxidante [2], ceea ce, desigur, duce la viteze ridicate de coroziune in aceste conditii.

Coroziunea intercristalina a otelurilor inoxidabile austenitice repezinta atacul localizat, la limita dintre cristale, in anumite medii corosive, având ca rezultat scaderea rezistentei mecanice si a ductilitatii. Acest tip de coroziune este observat la multe tipuri de oteluri si este deosebit de sever când otelul este tratat termic in regimul de sensibilizare 450-900^{0}C [3]. Fenomenul este atribuit, in general, precipitarii carburilor de fier si crom la limita dintre cristale, ceea ce determina saracirea in crom a zonelor adiacente, care devin vulnerabile la actiunea agresiva a mediului de coroziune.

Metodele obisnuite de prevenire sau eliminare a structurilor sensibilizate consta in reducerea continutului de carbon al aliajului, adaugarea de elemente avide de crom, cum ar fi Ti si Nb sau tratamentul termic la temperaturi ridicate ($\geq 1038^0$C) urmat de racire in apa - asa numitul tratament de calire [4].

Determinarea susceptibilitatii otelurilor inoxidabile la coroziune intercristalina se face prin metode chimice (metodele standardizate - testul **Strauss** si testul **Huey**) si metodele electrochimice, dintre care, in ultimii ani capata extindere metoda reactivarii potentio dinamice (RAPD) .

In lucrare se determina comportarea la pasivare anodica si tendinta la coroziune intercristalina a otelurilor inoxidabile 304, 304L si 316 in functie de regimul de tratament termic impus, aplicând metoda RAPD.

Procedeul experimental

Probele au fost confectionate din otelurile 304, 304L si 316 a caror compozitie este prezentata in tabelul 1. Deosebirile caracteristice intre ele sunt: otelul 304 are un continut de carbon peste limita de 0,03%, otelul 304L are un continut de carbon scazut (sub 0,03%) si otelul 316 are de asemenea un continut de carbon sub 0,03% si este aliat cu molibden (2,51% Mo).

Tabelul 1

Compozitia chimica a otelurilor studiate
Chemical analysis of investigated steel grades

Marca AISI/DIN	Concentratia elementelor, %									
	C	S	Si	P	N	Mn	Cr	Ni	Mo	Cu
304/WI4301	0.05	0,03	0,33	0,03	0,21	1,3	18,0	10,0	0,06	-.12
304L/WI4306	0.026	0,08	0,39	0,027	0,39	1,49	18,-2	11,43	0,082	0,13
316L/WI4435	0.021	0,021	0,47	0,027	0,37	1,61	17,4	14,2	2,51	0,11

Toate otelurile au fost supuse unui tratament termic de calire (1050^{0}C timp de 30 minute cu racire în apa) urmat de variabilele de tratament prezentate în tabelul 2.

Tabelul 2

Regimul de tratament termic
Heat treatment features

Temperatura, ^{0}C	Timp de mentinere, minute	Mediul de racire	Observatii
1050	30	apa	calire
1 + 650	30	apa	Regim
1 + 750	30	apa	de
1 + 750	30	apa	sensibilizare
1 + 850	30	apa	

Indepartarea oxizilor de pe suprafata probelor, rezultati în urma tratamentului termic, s-a efectuat prin decapare chimica în urmatoarele conditii: solutie 30 g/l NaCl, 30 g/l $Na_2Cr_2O_7$, 30 g/l Na_2NO_3, 100 cm^3 H_2SO_4 (q = 1,84 g/cm^3), 900 cm^3 apa distilata, temperatura 60^{0}C, durata 10-20 minute.

Probele au fost prelucrate suplimentar, prin lustruire cu hârtie de smirghel 3/0, degresare în tetraclorura de carbon la 50^{0}C si înaintea introducerii în celula de polarizare au fost decapate într-o solutie constând în 15% HNO_3 si 2% HF (în volum) la 60^{0}C timp de 5 minute.

Pentru trasarea curbelor de polarizare s-a folosit potentiostatul PRINCETON M 173 echipat cu un generator de functii RADELKIS VLF si un înregistrator X-Y ENDIM 620-02. Polarizarea s-a facut în regim potentiodinamic cu o viteza de baleiere a potentialului de 2,5 mV/s. Potentiostatul permite înregistrarea digitala a cantitatii de curent implicata în transformarile electrochimice studiate.

Celula de polarizare si montarea electrodului au fost prezentate într-o lucrare anterioara [10]. Electrodul de lucru confectionat din materialul de studiat avea suprafata de 2 cm^2, ca electrod auxiliar a servit un electrod de platina cu suprafata de 3 cm^2, iar ca electrod de referinta s-a folosit electrodul de calomel saturat (ECS). Solutia preparata din reactivi chimici puri si apa bidistilata a constat în: 1 NH_2SO_4 + 0,01 N KSCN. Solutia a fost termostatata la temperatura de 30 + 0,5^{0}C si a fost dezaerata.

REZULTATELE EXPERIMENTALE SI DISCUTAREA LOR

Comportarea la pasivare. Prima serie de studii a constat în trasarea curbelor anodice de polarizare potentiodinamica în solutia 1 N H_2SO_4 + 0,01 N KSCN pentru cele trei oteluri, în functie de regimul de tratament termic.

Parametrii electrochimici ce caracterizeaza comportarea la coroziune si pasivare a otelurilor inoxidabile 304, 304L si 316, în functie de tratamentul termic aplicat sunt prezentate în tabelul 3.

Tabelul 3

Parametri electrochimici de pasivare ai otelurilor 304, 304 L si 316 în 1 N H_2SO_4 + 0,01 N KSCN în functie de tratamentul termic
Electrochemical passivisation parameters for 304, 304L and 316 grades in 1 N H_2SO_4 + 0,01N KSCN depending on heat treatment

Tratament termic	Tipul otelului	ε_{cor}, V/ECS	$i_{cr,p}$ mA/cm^2	$\varepsilon_{cor,p}$ V/ECS	ε_p, V/ECS	i_p, mA/cm^2	ε_T V/ECS
1050^{0}C / 30', apa	304	- 0,411	1521	- 0,359	- 0,150	2,0	+ 0,950
	304 L	- 0,383	1072	- 0,274	- 0,160	3,0	+ 0,940
	316	- 0,321	79	- 0,227	- 0,170	3,1	+ 0,940
1 + 650^{0}C / 30', apa	304	- 0,433	1849	- 0,360	- 0,120	2,8	+ 0,950
	304 L	- 0,390	1110	- 0,256	- 0,130	3,2	+ 0,940
	316	- 0,254	107	- 0,192	- 0,150	3,4	+ 0,940
1 + 750^{0}C / 30', apa	304	- 0,432	2043	- 0,361	- 0,130	2,7	+ 0,950
	304 L	- 0,397	1214	- 0,252	- 0,150	3,2	+ 0,940
	316	- 0,308	119	- 0,189	- 0,120	3,5	+ 0,940
1 + 750^{0}C / 30', aer	304	- 0,434	2571	- 0,358	- 0,120	2,7	+ 0,950
	304 L	- 0,386	1281	- 0,266	- 0,150	3,4	+ 0,940
	316	- 0,270	134	- 0,190	- 0,130	3,2	+ 0,940
1 + 750^{0}C / 30', apa	304	- 0,430	1687	- 0,360	- 0,120	2,2	+ 0,950
	304 L	- 0,398	1164	- 0,269	- 0,140	3,3	+ 0,940
	316	- 0,264	112	- 0 182	- 0,130	3,4	+ 0,940

ε_{cor} - potentialul masurat dupa 15' de la întreruperea tratamentului catodic la - 0,8 V/ECS;

$i_{cr,p}$ si $\varepsilon_{cr,p}$ - densitatea critica si respectiv potentialul critic de pasivare;

ε_p - potentialul de intrare în domeniul pasiv stabil;

i_p - densitatea de curent minima pe curba de pasivare;

ε_T - potentialul de transpasivare

Pe baza datelor prezentate în tabelul 3 se pot desprinde urmatoarele concluzii.

Potentialul de coroziune, ε_{cor}, este valoarea stabilizata pe otel dupa 15 minute de la întreruperea polarizarii catodice la -0,8 V/ECS timp de 5 minute. Potentialul de coroziune este puternic dependent de compozitia otelului, având valorile cele mai electro negative în cazul otelului 304 si cele mai putin electronegative în cazul otelului 316. Influenta regimului de tratament termic asupra potentialului de coroziune este nesemnificativa.

Densitatea curentului critic de pasivare, $i_{cr,p}$, este influentata atât de compozitia chimica a otelurilor studiate cât si de regimul de tratament termic. Valorile cele mai ridicate le prezinta otelul 304, în acord cu potentialele de coroziune cele mai electronegative si cele mai scazute otelul 316, ale carui potentiale de coroziune sunt cele mai putin electronegative.

Valorile $i_{cr,p}$ pentru acelasi otel sunt influentate de starea de tratament termic, valorile cele mai scazute corespund starii calite (1050^0C/apa), iar cele mai ridicate temperaturii de 750^0C. Astfel pentru otelul 304, valoarea densitatii curentului critic la 1050^0C este 1521 μ A/cm^2, iar pentru tratamentul termic la 750^0C/apa este 2043 μ A/cm^2.

Pentru aceeasi temperatura de tratament termic, valoarea $i_{cr,p}$ depinde de viteza de racire. Racirea mai lenta, în aer a determinat o valoare $i_{cr,p}$ mai mare decât racirea rapida în apa (spre exemplu, pentru otelul 304, $i_{cr,p}$ = 2571 μ A/cm^2, în cazul tratamentului termic la 750^0C cu racire în aer si i_{cr} = 2043 μ A/cm^2 în cazul tratamentului termic la 750^0C cu racire în apa).

Potentialul critic de pasivare, $\varepsilon_{cr,p}$ variaza cu tipul de otel si nu depinde semnificativ de tratamentul termic aplicat.

Astfel, $\varepsilon_{cr,p}$, are valori în jurul a -0,360 V/ECS indiferent de tratamentul termic pentru otelul 304 si este cuprins între 0,252- 0,274 V/ECS pentru otelul 304 L si între 0,182-0,227 V/ECS pentru otelul 316.

Potentialul ε_p, de intrare în zona pasiva stabila este putin influentat atât de tipul de otel cât si de regimul de tratament termic, prezentând valori cuprinse între -0,120 si -0,170 V/ECS, ceea ce pledeaza în favoarea unui film de pasivare de compozitie si structura apropiate în toate cazurile.

Potentialul de transpasivare, ε_T, este 0,950 V/ECS pentru otelul 304 si 0,940 V/ECS pentru otelurile 304 L si 316, indiferent de tratamentul termic la care au fost supuse, ceea ce indica o slaba influenta a acestor variabile asupra potentialului de degajare a oxigenului, stiut fiind ca reactia predominanta la iesirea din starea pasiva este descarcarea ionilor OH^- în cazul otelurilor.

Densitatea curentului de dizolvare în stare pasiva, i_p, (valoarea minima pe curba de polarizare anodica) variaza între 2 si 3,5 μ A/cm^2 pentru toate otelurile si toate variantele de tratament termic, neevidentiindu-se influente notabile ale diferitelor variante.

Faptul ca parametrii electrochimici specifici starii pasive, ε_p, ε_T si i_p nu sunt semnificativ influentati nici de tipul de otel si nici de regimul de tratament termic pledeaza pentru comportare aproape identica a celor trei oteluri în stare pasiva.

Ceea ce diferentiaza net cele trei tipuri de oteluri, precum si tratamentele termice aplicate este zona de tranzitie activ-pasiv. Aceasta difera ca largime ($\varepsilon_p - \varepsilon_{cor}$) dupa tipul de otel si ca înaltime ($i_{cr,p}$) atât dupa tipul de otel cât si dupa tratamentul termic aplicat, ducând la sarcini electrice, pe curba de pasivare, Q_p, diferite de la caz la caz (tab. 4). Astfel, cantitatea cea mai mare de curent, necesara tranzitiei activ- pasiv corespunde otelului 304, care are un continut de carbon relativ ridicat (0,05%C), prezentând valoarea maxima Qp = 881,3 mC/cm^2 pentru tratamentul termic la 750^0C/30'/aer. Otelurile 304 L si 316 care au un continut de carbon apropiat si sub limita de 0,03%C prezin-

Tabelul 4

Tendinta la coroziune intercristalina a otelurilor 304, 304 L si 316 în functie de regimul termic
Intercrystalline corrosion tendency of 304, 304 L and 316 steel grades depending on thermal treatment

Tratament termic	Otelul	Q_a mC/cm^2	Q_t mC/cm^2	Q_a/Q_p	Sensibil la coroziune intercristalina
$\frac{1050^0C}{30',apa}$	304	0	80,35	0	Nu
	304 L	0	31,74	0	Nu
	316	0	29,45	0	Nu
$1+\frac{650^0C}{30',apa}$	304	74	389,47	0,19	Nu
	304 L	1,14	29,23	0,039	NU
	316	0	30,05	0	Nu
$1+\frac{750^0C}{30',apa}$	304	102,41	494,73	0,207	Nu
	304 L	2,02	30,15	0,067	Nu
	316	0,49	32,66	0,015	Nu
$1+\frac{750^0C}{30',aer}$	304	214,17	881,3	0,243	Nu
	304 L	17,43	202,67	0,086	Nu
	316	7,13	118,83	0,06	Nu
$1+\frac{850^0C}{30',apa}$	304	14,21	83,58	0,17	Nu
	304 L	0,82	36,08	0,023	Nu
	316	0	30,15	0	Nu

Q_p - sarcina electrica corespunzatoare tranzitiei activ - pasiv masurata pe curba de pasivare
Q_a - sarcina electrica corespunzatoare reactivarii , masurat pe curba potentiodinamica trasata în sens catodic

ta valori apropiate si aproximativ cu un ordin de marime mai mic decât otelul 304, cu exceptia tratamentului termic la 750^{0}C/30'/aer când si aceste oteluri au valori Qp destul de ridicate (202,67 mC/cm^2 pentru otelul 304 L si 118,83 mC/cm^2 pentru otelul 316). Prezenta molibdenului (2,51% Mo) în compozitia otelului 316 care îl diferenteaza de otelul 304 L faciliteaza tranzitia activ-pasiv a acestui otel [1].

Tendinta la coroziune intercristalina

Pentru determinarea susceptibilitatii la coroziune intercristalina s-a aplicat metoda reactivarii potentiodinamice (RAPD), care consta în trasarea curbei de polarizare potentiodinamica în directia catodica, nemijlocit dupa trasarea curbei de pasivare. Regimul de cercetare a fost cel propus de **Nazarov** si coautorii [9] si a constat în solutia 1 N H_2SO_4 + 0,01 N KSCN, temperatura 30^{0}C, viteza de baleiere a potentialului $d\varepsilon/dt$ = 2,5 mV/s, polarizarea catodica initiala timp de 3 minute la ε_i = -0,5V/ECS, polarizarea anodica potentiodinamica pâna la potentialul final, ε_f = +0,3 V/ECS si întoarcere potentiodinamica pâna la ε_i. Daca materialul studiat se caracterizeaza prin prezenta zonelor de granita saracite în crom, atunci pe curba potentiodinamica trasata în directia catodica trebuie sa apara un maxim um al curentului anodic ce corespunde dizolvarii active a zonelor de granita. In cazul materialelor care nu prezinta tendinta la coroziune intercristalina, acest maximum lipseste sau este foarte mic în comparatie cu maximul curbei de pasivare.

In calitate de parametru cantitativ al susceptibilitatii materialului la coroziune intercristalina se foloseste raportul Q_a/Q_p, în care Q_a este sarcina reactivarii anodice, pe curba de polarizare potentiodinamica trasata în sens catodic si Qp este sarcina activarii pe curba potentiodinamica anodica. Conform rezultatelor lui Nazarov si coautorii [9] un raport $Q_a/Q_p \geq 0,12$, corespunde materialelor susceptibile la coroziune intercristalina pe când un raport mai mic indica un material insensibil la coroziune intercristalina.

Valorile sarcinilor electrice Q_a si Q_p(mC/cm^3), înregistrate direct de potentiostat, sunt trecute în tabelul 4 în functie de tipul de otel si de regimul de tratament termic. Ele au servit la calculul raportului Q_a/Q_p, pe baza caruia se poate aprecia susceptibilitatea la coroziune intercristalina a materialelor studiate.

Pe baza datelor prezentate în tabelul 4 se pot evidentia úrmatoarele:

» în stare calita (1050^{0}C/apa) sarcina Q_a este zero indiferent de compozitia otelului (304, 304L, 316);

» în stare de tratament termic de sensibilizare cu mentinere 30 minute între 650 si 850^{0}C, sarcina Q_a înregistreaza valori diferite de zero în toate cazurile pentru otelurile 304 si 304L, iar pentru otelul 316 numai în urma tratamentului la 750^{0}C;

» otelul 304 (cu un continut mare de carbon) a prezentat cele mai mari valori, Q_a, cu circa un ordin de marime mai mare decât pentru otelurile 304L si 316. Aceste valori sunt maxime la temperatura de 750^{0}C si sunt influentate si de modul de racire dupa tratament.Astfel, otelul 304 prezinta cea mai ridicata valoare pentru Qa = 214,17 mC/cm^2 în cazul tratamentului termic 750^{0}C/30'/aer;

» otelul 304 (cu un continut în carbon sub limita de 0,03%, dar fara molibden) a prezentat pentru toate starile de tratament termic valorile sarcinii Qa diferite de zero. Valoarea maxima a fost de 17,43 mC/cm^2 pentru regimul de tratament termic 750^{0}C/30'/aer;

» otelul 316 (cu un continut sub 0,03%C si aliat cu 2,51% Mo) a înregistrat valori ale Q_a de 0,79 mC/cm^2 pentru tratamentul termic 750^{0}C/30'/apa si 7,13mC/cm^2 pentru acelasi tratament termic urmat de racire în aer. Pentru tratamente la 650 si 850^{0}C urmate de racire în apa sarcina electrica Q_a a avut valoarea zero.

Raportul Q_a/Q_p prezinta valori superioare limitei de 0,12 numai pentru otelul 304, în toate variantele de tratament termic cu exceptia celui de calire (1050^{0}C/apa). Deci otelul 304 supus variantelor de tratament termic 2-5 este susceptibil la coroziune intercristalina si insensibil în cazul regimului de calire [1].

In cazul otelului 304L, desi s-au înregistrat sarcini ale reactivitatii anodice $Q_a > 0$, totusi rapoartele Q_a/Q_p sunt foarte mici (0,023-0,086), ceea ce indica o foarte slaba tendinta la coroziune intercristalina.

Otelul 316 prezinta rapoartele $Q_a/Q_p > 0$ numai în cazul tratamentului la 750^{0}C, cu valori totusi foarte mici (0,015-0,06) ceea ce-l indica insensibil la coroziune intercristalina.

Pe baza studiului întreprins se evidenteaza doua categorii de factori care influenteaza tendinta la coroziune intercristalina a otelurilor inoxidabile:

♦ compozitia chimica prin continutul de carbon si molibden;

♦ structura determinata de tratamentul termic aplicat.

Sensibilitatea ridicata la coroziune intercristalina a otelului inoxidabil 304 este aplicabila, tinând seama de continutul mare în carbon (0,05%C) care a favorizat cinetica precipitarii carburilor, a depins numai de difuzia cromului spre zona de precipitare-spatiile intercristaline.

Spre deosebire de otelul 304, în cazul otelului 304L, cu un continut scazut de carbon (0,027%C) nivelul sensibilizarii, în conditii similare de tratament

termic a fost mai scazut deoarece cinetica precipitarii carburilor de crom a depins atât de difuzia cromului cât si a carbonului.

Sensibilizarea cea mai mare s-a realizat la temperatura de 750^{0}C, fapt explicabil prin corelatia existenta între cinetica precipitarii si nivelul posibil de solubilizare a carburilor de crom. Difuzia cromului creste o data cu temperatura, ceea ce explica diferenta de sensibilizare între structurile realizate prin tratamentul la 650 si 750^{0}C cu mentinere 30 minute si racire în apa.

Un alt aspect de care se tine seama este acela al diferentelor de comportare la coroziunea intercristalina dintre structurile realizate la 750^{0}C cu viteze de racire diferite (racire rapida în apa si racire mai lenta în aer). Cresterea nivelului sensibilizarii ca urmare a racirii mai lente în aer se datoreaza cresterii timpului global de mentinere în zona critica de temperatura, cu repercusiuni directe asupra cresterii cantitative a precipitarilor de crom.

Otelul 316 nu prezinta susceptibilitate la coroziune intercristalina, în conditiile studiate, ceea ce, desigur, se datoreaza prezentei molibdenului (2,51%) în compozitia sa, alaturi de continutul redus de carbon (0,021%C). Conform datelor din literatura de specialitate, molibdenul actioneaza asupra cresterii solubilitatii carbonului în austenita si prin aceasta dauneaza cinetica precipitarii carburilor de crom. Molibdenul este de asemenea un element care favorizeaza pasivarea [1], ceea ce are o influenta pozitiva asupra cresterii rezistentei la coroziune în general, dar si la coroziunea intercristalina. Molibdenul usureaza pasivarea zonelor decromizate de pe limita cristalelor.

Diferentele de comportare din punct de vedere al rezistentei la coroziune intercristalina între trei oteluri studiate se anuleaza în stare calita (1050^{0}C/apa). Acest fapt este explicabil deoarece temperatura de 1050^{0}C permite dizolvarea tuturor carburilor de crom si anularea completa a decromizarii limitelor cristalelor.

Concluzii

Urmatoarele concluzii pot fi trase din datele prezentate:

- **1.** *Comportarea la polarizare anodica a celor trei oteluri studiate este diferita numai în domeniul de tranzitie activ- pasiv. Sarcina electrica implicata în aceasta tranzitie, Qp este maxima pentru otelul 304 si minima pentru otelul 316, a carui pasivare este favorizata de prezenta molibdenului în compozitia lui.*

- **2.** *Domeniul de tranzitie este de asemenea influentat si de regimul de tratament termic, în sensul ca temperaturile din domeniul critic (650-850^{0}C) au determinat densitati ale curentului critic de pasivare, i_{crp} mai mari decât cele obtinute dupa tratamentul de calire (1050^{0}C/apa) pentru toate otelurile.*

- **3.** *Potentialele caracteristice depind de tipul de otel si nu sunt influentate semnificativ de regimul de tratament termic.*

- **4.** *Proprietatile de rezistenta la coroziune intercristalina a otelurilor inoxidabile considerate sunt dependente de precipitarea catitativa a carburilor de crom pe limitele dintre cristale. Aceasta precipitare este influentata atât de compozitia chimica a otelului cât si de tratamentul termic aplicat.*

- **5.** *In stare calita toate otelurile sunt rezistente la coroziune intercristalina, Qa/Qp = 0.*

- **6.** *Pentru tratamentele termice cuprinse în zona critica (650- 850^{0}C) comportarea otelurilor la coroziune intercristalina este influentata în special de continutul de carbon. Otelul 304 (0,05%C) a prezentat rapoarte Qa/Qp 0,12 si deci sensibilitate ridicata la coroziune intercristalina în timp ce otelul 304L (0,027%C) si 316 (0,021%C) au prezentat rapoarte Q_a/Q_p = 0 - 0,086, ceea ce le indica insensibile la coroziune intercristalina.*

BILBLIOGRAFIA

[1] **Wilde B.E.** : In:Corrosion, 25, nr.4,p.300,1969
[2] **Atanasiu I., Badea T., Badea F.**: In: Revista de chimie, 25, nr.3, p.232,1974
[3] **Joshi A.** In: Corrosion, 28,nr.9,p.321,1972
[4] **Armije J.S.** In: Corrosion, 21,nr.7,p.235,1965
[5] **Cigal V.** In: Corrosion Sci.,20,nr.6,p.737,1980
[6]**Tomasev N.D., Maneva O.H.**s.a In: Zascita metallev, URSS, 19,nr.1,p.168,1983
[7] **Cigal V.** In: Werkst.u.Korres. R.D.G., 27, nr.9,p.782,1976
[8] **Nazarev A.A.** s.a In: Zascita metallev, U.R.S.S., nr.5,p.761,1986
[9] **Nazarev A.A.**,s.a In: Zascita metallev, 23, nr.4,p.650,1986
[10] **Atanasiu I., Badea T.** In: Revista de coroziune, 1, nr.1,p.70,1971

CIDMET - SIDEROM *doreste sa contribuie la progresul tehnic în metalurgie, la transferul de tehnologie, la asimilarea de cunostinte privind problemele de mare actualitate.*

CIDMET - SIDEROM *doreste sa participe intens la îmbunatatirea calitatii produselor, la cresterea productivitatii si, în final, la succesul dumneavoastra.*

In acest scop CIDMET - SIDEROM

urmareste constant literatura mondiala de profil, pe care o prelucreaza sub diverse forme, cât mai accesibile.
De asemenea, apeleaza la mari specialisti pentru elaborarea de lucrarari originale, sinteze, articole etc.

CIDMET - SIDEROM va propune pentru anul 1995 publicatii periodice si informare documentara asistata de calculator

COMPETITIVENESS

QUALITY

GUARANTEE

EXPORTS: ☐ the whole range of metallurgical products as: aluminium plate, concrete steel,, profiles pipes, wires etc.

IMPORTS: ☐ highly processed metallurgy products ☐ raw materials for metallurgical uses (coke, coal, ferrous and non-ferrous ore) ☐ equipment and spare parts for ferrous and non-ferrous metallurgy ☐ licences, feasability studies.

The objective of our company is to remain
YOUR MOST EFFICIENT AND RELIABLE PARTNER
in the foreign trade of the Romanian metallurgy.

EXPORTĂ: ☐ toată gama de produse metalurgice: tablă din aluminiu, oţel beton, profile, ţevi, sîrmă etc.

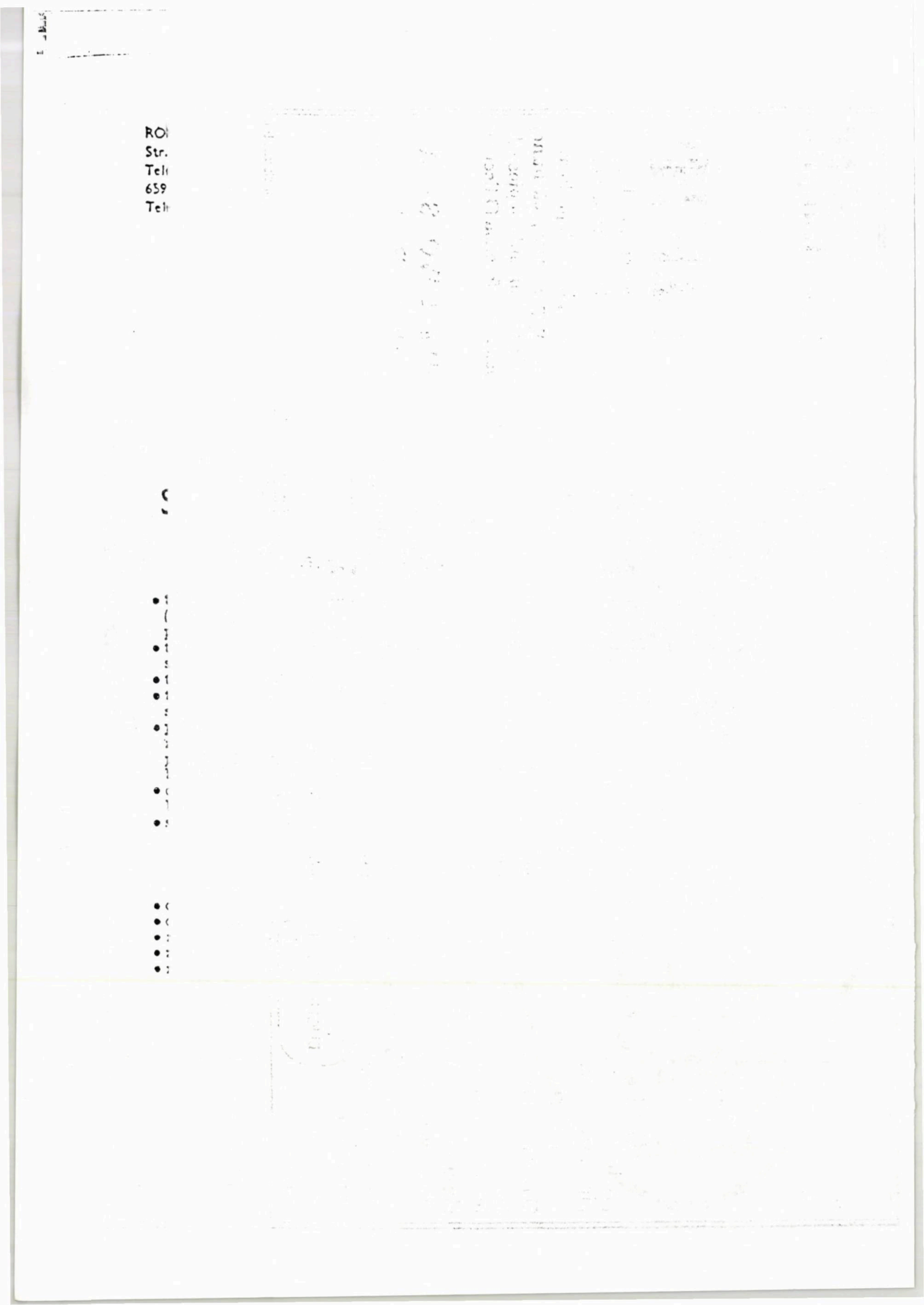
IMPORTĂ: ☐ produse metalurgice înalt prelucrate ☐ materii prime pentru metalurgie (cocs, cărbune, minereuri feroase şi neferoase) ☐ echipamente şi piese de schimb pentru metalurgia feroasă şi neferoasă ☐ licenţe, studii de fezabilitate

PARTENERUL DUMNEAVOASTRĂ
CEL MAI EFICIENT ŞI DE INCREDERE
în comerţul exterior!

METANEF S.A.

BUCHAREST - ROMÂNIA ■ 21-25 Mendeleev Street ■ Phone: 650-2042 ■ Fax: 312-0235 ■ Telex: 11669

Registered under no. J 40-49-1991 at Register of Commerce Bucharest office



RO
Str.
Tel
659
Tel

Societatea Comerciala "GRIVITA" S. A.

Str. Rotasului nr. 14, sector 1, Bucuresti
Tel.: 665.40.40 Fax: 665.62.40 Telex: 12296 GRIMET
Nr. înreg. J40/297/7.02.1991
Capital social 104.725.794
Cont nr. 301510601 BCR fil. sect. 1

Doriti sa va procurati produse din metal pentru uz gospodaresc sau industrial?

S. C. GRIVITA S. A.

va ofera:

- ~~cuie în gama completa~~
- ~~sârma bobinata pentru agricultura~~
- ~~sârma trefilata din otel~~
- profile speciale laminate la cald pentru confectii metalice
- otel beton în bare
- plasa de sârma pentru împrejmuiri

Va asteptam !

S. C. INDUSTRIA SÂRMEI S.A.,

romanian leader

in wire and wire products

offers a wide range of products

» sârma pentru cuie	» nail wire
» cuie	» nails
» sârma zincata	» galvanised wire
» sârma ghimpata	» barbed wire
» bare laminate	» rolled bars
» bare calibrate	» calibrated bars
» sârma pentru sudura	» welding wire
» electrozi de sudura	» welding electrodes
» flux de sudura	» welding flux
» conductori electrici	» electric leads
» sârma pentru talon auto	» bead wire
» sârma pentru beton precomprimat	» prestressed concrete wire
» toron pentru beton precomprimat	» prestressed concrete strand
» cabluri de tractiune	» drag ropes
» filiere	» drawing dies
» piese sinterizate din carburi	» sintered carbide components

Pentru relatii suplimentare rugam sa va adresati la sediul firmei:

For details please contact us at :

S. C. INDUSTRIA SÂRMEI S. A.

str. Laminoristilor nr. 145

3351, CÂMPIA TURZII

telefoane: 095-368044-Director Comercial - Trade Manager

095-368957-Sef Serv.Import-Export - Import - Export Dept. Head

095-368128-Sef Serv.Desfacere - Sales Manager

095-368661-666

telex: 31282

fax: 095-368957

095-367460

ORSZÁGOS MŰSZAKI INFORMÁCIÓS KÖZPONT ÉS KÖNYVTÁR 1883

S.C. SIDERURGICA S.A. HUNEDOARA

ocietatea Comerciala "Siderurgica" S.A.
lunedoara produce si comercializeaza la
returi competitive urmatoarele produse:
tagle pentru tevi din otel carbon , slab aliat,
liat si inalt aliat (inoxidabil);
blumuri si tagle din otel carbon, slab aliat,
liat si inalt aliat pentru constructia de
nasini;
tagle din otel pentru rulmenti;
profile fasonate I,U, cornier, T;
profile pentru:
* senile de tractor si excavator ;
* brazdar de plug ;
* armatura de mina ;
* transportoare de mina ;
* aparate de cale ferata si sina ac ;
* traverse CF ;
sirma pentru armaturi beton, tragatorii,
ord metalic ;
piese turnate si forjate ;
utilaj pentru turnarea otelului (poduri,
ngotiere, pilnii) ;
coces metalurgic ;
benzen, naftalina, smoala, sulf, toluen ;
fonta de afinare si de turnatorie ;
zgura granulata si vata de zgura ;
calcar si var ;
dolomita calcinata si sinterizata ;
blocuri dolomitice ;

" Siderurgica" S.A. Hunedoara produces and commercialises at competitive prices the following products:
* carbon, low-alloyed, alloyed and high alloyed steel billets for tubes (stainless steel) ;
* carbon, low-alloyed, alloyed and high alloyed steel billets and blooms for machine building ;
* steel billets for bearings ;
* shaped sections, IPE-beams, channels, angles, T-sections ;
* profiles for :
  * tractor and excavator track shoes
  * plough shares ;
  * mine gallery supporting ;
  * mine conveyors ;
  * railroad accessories siding rail ;
* wire for concrete reinforcements, for drawing, metallic cord ;
* cast and forged pieces ;
* equipment for steel casting (platforms, moulds, funnels) ;
* metallurgical coke ;
* benzene, naphthalene, tar, sulphur, toluene ;
* refining and cast pig iron ;
* granulated slag and slag wadding ;
* lime and chalkstone ;
* calcined and sintered dolomite ;
* dolomitic blocks ;

THE LONG PRODUCTS LEADING COMPANY IN ROMAN

International
Leading Company
Award Madrid 1991

Euromarket Award 1992
European Market Research
Center

XXIII International Award
For Commercial Prestige
Madrid 1993

you can contact us :
e puteti contacta :

8, Constantin Bursan Street
2750, HUNEDOARA
ROMANIA

Telephone Exchange : +40/95/716121,716131,716521
General Manager : +40/95/712783
Comercial Manager : +40/95/712784
Telex : 72411 cbsid-r, 72412 cbsid-r
Telefax : +40/95/712266, 716008, 717650

METALURGIA

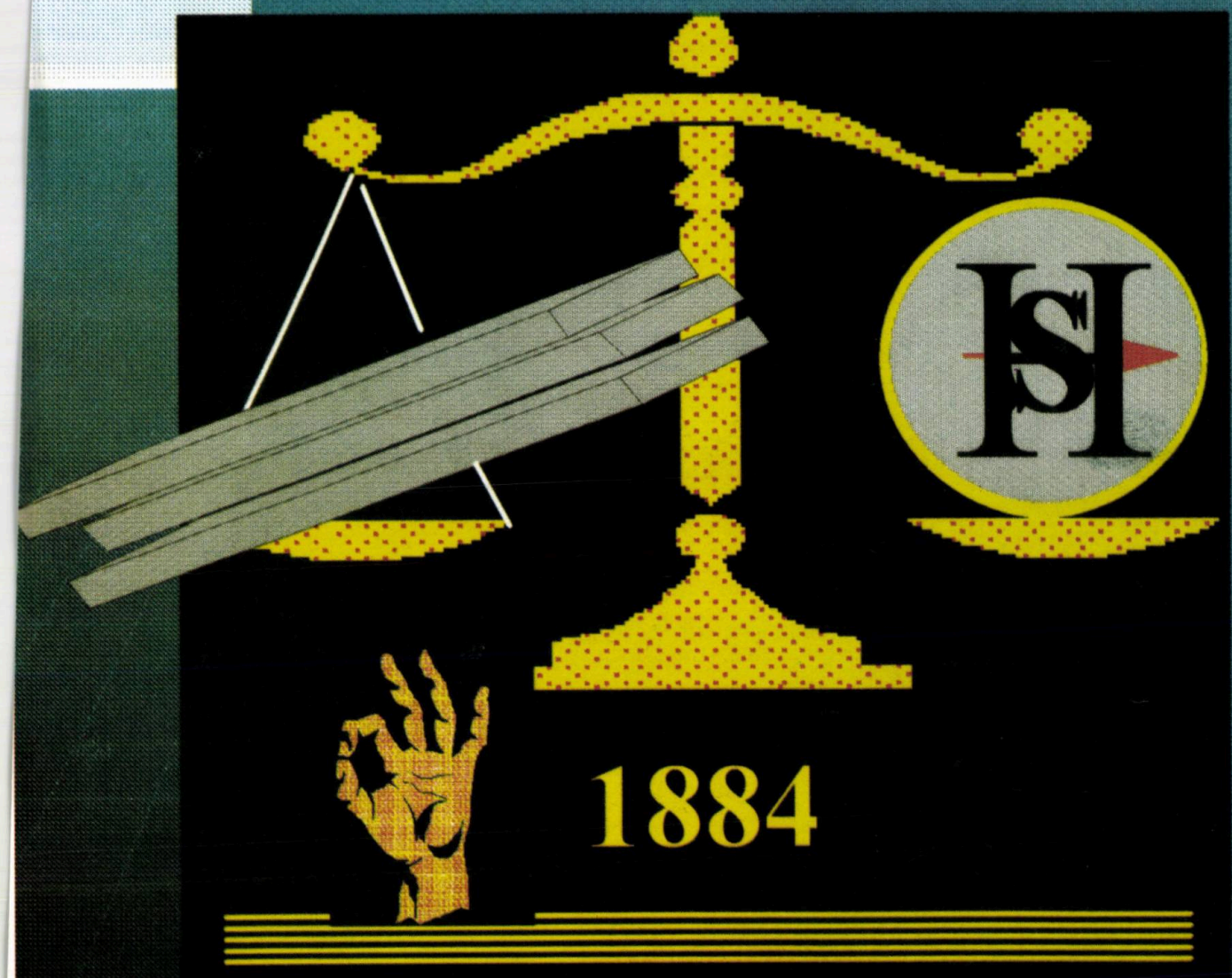
E 3280

ISSN 0461 - 9579

9/1994

1884 - 1994

THE WEIGHTY WORD
OF IRON & STEEL INDUSTRY



S.C. SIDERURGICA S.A.
HUNEDOARA

E 3280

S.C. SIDERURGICA S.A. Hunedoara

ORSZÁGOS MŰSZAKI INFORMÁCIÓS KÖZPONT ÉS KÖNYVTÁR 1883

Societatea Comerciala **"Siderurgica" S.A. Hunedoara** produce si comercializeaza la preturi competitive urmatoarele produse:

* tagle pentru tevi din otel carbon, slab aliat, aliat si înalt aliat (inoxidabil);
* blumuri si tagle din otel carbon, slab aliat, aliat si înalt aliat pentru constructia de masini;
* tagle din otel pentru rulmenti;
* profile fasonate I.U. cornier, T;

* profile pentru:
  - senile de tractor si excavator;
  - brazdar de plug;
  - armatura de mina;
  - transportoare de mina;
  - aparate de cale ferata si sina ac;
  - traverse CF;
* sârma pentru armaturi beton, tragatorii, cord metalic;
* piese turnate si forjate;
* utilaj pentru turnarea otelului (poduri, lingotiere, pâlnii);
* cocs metalurgic;
* benzen, naftalina, smoala, sulf, toluen;
* fonta de afinare si de turnatorie;
* zgura granulata si vata de zgura;
* calcar si var;
* dolomita calcinata si sinterizata;
* blocuri dolomitice

"Siderurgica" S.A. Hunedoara produces and commercialises at competitive prices the following products:

* carbon, low-alloyed, alloyed and high alloyed steel billets for tubes (stainless steel);
* carbon, low-alloyed, alloyed and high alloyed steel billets and blooms for machine building;
* steel billets for bearings;
* shaped sections, IPE-beams, channels, angles, T-sections;
* profiles for:
  - tractor and excavator track shoes;
  - plough shares;
  - mine gallery supporting;
  - mine conveyors;
  - railroad accessories siding rail;
* wire for concrete reinforcements, for drawing, metallic cord;
* cast and forged pieces;
* equipment for steel casting (platforms, moulds, funnels);
* metallurgical coke;
* benzene, naphthalene, tar, sulphur, toluene;
* refining and cast pig iron;
* granulated slag and slag wadding;
* lime and chalkstone;
* calcined and sintered dolomite;
* dolomitic blocks

Infiintata în anul 1980, s. c. SILCOTUB s. a. este amplasata într-o regiune a tarii de un pitoresc aparte.

SILCOTUB S. A. - ZALAU - ROMANIA

Silcotub S. A. datoreaza pozitia sa între fabricantii de tevi fara sudura din România dotarii sale tehnice deosebite, care o situeaza si printre cele mai moderne producatoare de tevi din Europa.

Noutatea tehnologiilor aplicate garanteaza caracteristici superioare pentru produsele noastre:
tevi fara sudura din otel carbon si aliat în gama Ø (16...114)mm diametru, cu grosimi de perete între (1,6...10)mm pentru:

utilizari generale,

industria petrolului si gazului,

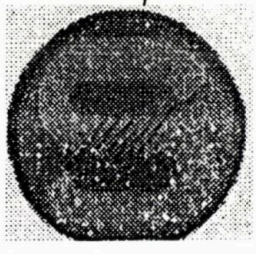
industria energetica;

otel beton si sârma de otel, laminate la cald, cu Ø (5,5...12)mm diametru;
platbanda de otel cu diferite dimensiuni si cornier.

Silcotub S. A. dispune de echipamente moderne de control nedistructiv (prin ultrasunete), purtând marca NUKEM si de laboratoare capabile sa realizeze toate încercarile mecanice, chimice si metalografice clasice (LEKO, WOLPERT si OUTOKUMPU).

SILCOTUB S. A. - ZALAU

Bd. Mihai Viteazu, nr. 93,
4700 Zalau, jud. Salaj, Romania.
Telex 39266, Fax 40.92.150326,
Tel. 40.99.620720



Office Bucharest
Str. Edgar Quinet, nr. 10,
78000 - Sector 1,
Telefax 40.1.3123765

S. C. INDUSTRIA SÂRMEI S.A.,

romanian leader

in wire and wire products,

offers a wide range of products

» sârma pentru cuie	» nail wire
» cuie	» nails
» sârma zincata	» galvanised wire
» sârma ghimpata	» barbed wire
» bare laminate	» rolled bars
» bare calibrate	» calibrated bars
» sârma pentru sudura	» welding wire
» electrozi de sudura	» welding electrodes
» flux de sudura	» welding flux
» conductori electrici	» electric leads
» sârma pentru talon auto	» bead wire
» sârma pentru beton precomprimat	» prestressed concrete wire
» toron pentru beton precomprimat	» prestressed concrete strand
» cabluri de tractiune	» drag ropes
» filiere	» drawing dies
» piese sinterizate din carburi	» sintered carbide components

Pentru relatii suplimentare rugam sa va adresati la sediul firmei:

For details please contact us at :

S. C. INDUSTRIA SÂRMEI S. A.

str. Laminoristilor nr. 145

3351, CÂMPIA TURZII

telefoane: 095-368044-Director Comercial - Trade Manager

095-368957-Sef Serv.Import-Export - Import - Export Dept. Head

095-368128-Sef Serv.Desfacere - Sales Manager

095-368661-666

telex: 31282

fax: 095-368957

095-367460

ICPPAM S. A.
Galati

Str. Smârdan nr. 2
Telefon: 036.44.25.48
Telex: 51299
Fax: 40.93.461238

oferta

Agentilor economici si persoanelor fizice

La preturi foarte avantajoase:

♦ *Studii, lucrari de cercetare stiintifica, dezvoltare tehnologica si proiectare, know - how, consulting si asistenta tehnica pentru:*

- *tehnologii, procese si fluxuri pentru fabricatia cocsului, fontei, otelului si produselor laminate plate si lungi;*
- *tehnologii si instalatii de acoperiri metalice si nemetalice a produselor plate, tevilor si profilelor prin imersie, electrolitic sau prin procedee neconventionale;*
- *linii de proces pentru laminate plate si lungi;*
- *modernizari si optimizari de instalatii si procese metalurgice;*
- *reparatii capitale si organizarea întretinerii pentru utilaje si instalatii din uzinele metalurgice;*
- *combaterea poluarii si protectia mediului in metalurgie.*

♦ *Proiecte pentru constructii (industriale, civile, agrozootehnice), extinderi, modernizari, consolidari la cladiri existente pentru industria usoara, alimentara, agricultura si comert.*

♦ *Studii si lucrari de proiectare pentru obiective noi sau pentru modernizare si retehnologizare de:*

- *instalatii de alimentari electrice de distributie de forta si lumina;*
- *instalatii de automatizare, masura, comanda si reglare;*
- *instalatii de actionari electrice cu comanda clasica sau conduse cu automate programabile;*
- *instalatii de supraveghere, gestiune si conducere cu calculatorul pentru diverse procese si instalatii tehnologice.*

♦ *Proiecte pentru instalatii de alimentare cu apa, fluide energetice (gaze naturale, oxigen etc.) de canalizare, termoficare, ventilatii pentru orice tip de instalatie industriala sau pentru cladiri de locuit sau social - culturale.*

♦ *Proiecte si avize pentru instalatii de ridicat si sub presiune, care necesita autorizare ISCIR.*

♦ *Expertize, lucrari de laborator si prestatii pentru:*

- *determinari distructive sau nedistructive de caracteristici fizico - chimice, metalografice, mecanice, comportare la coroziune si difractometrie;*
- *control defectoscopic prin metode nedistructive (ultrasunete, lichide penetrante, raze X) pentru a determina calitatea unor lucrari, cauzele unor avarii, oboseala materialelor, gradul de coroziune al constructiilor metalice;*
- *testarea organelor de masini puternic solicitate;*
- *tehnologii de reconditionare pentru diverse piese de schimb si scule.*

CIDMET - SIDEROM *doreste sa contribuie la progresul tehnic în metalurgie, la transferul de tehnologie, la asimilarea de cunostinte privind problemele de mare actualitate.*

CIDMET - SIDEROM *doreste sa participe intens la îmbunatatirea calitatii produselor, la cresterea productivitatii si, în final, la succesul dumneavoastra.*

In acest scop CIDMET - SIDEROM

urmareste constant literatura mondiala de profil, pe care o prelucreaza sub diverse forme, cât mai accesibile.
De asemenea, apeleaza la mari specialisti pentru elaborarea de lucrarari originale, sinteze, articole etc.

CIDMET - SIDEROM va propune pentru anul 1995 publicatii periodice si informare documentara asistata de calculator

SOCIETATEA COMERCIALA

"INTFOR - S.A." GALATI

Str.Portului nr.157 - Galati - 6200

Telefon: **0934/60766, 0934/62400,** *Telefax:* **93/418366**

Telex: **51224**

PRODUCE SI LIVREAZA IN MOD CURENT:

TABLA LAMINATA LA CALD, grosimi 0,5-4,0 mm,din diverse calitati de otel:

- » otel carbon de uz general;
- » otel carbon de calitate;
- » otel slab aliat,aliat si inalt aliat;
- » otel de scule;
- » otel inoxidabil.

TABLA ZINCATA

BANDA SI TABLA ELECTROZINCATA

TABLA CUTATA NEAGRA SAU ZINCATA

PROFILE FORMATE LA RECE (U,L,C,T,Z,TM etc.)

TEVI PROFILATE

PRODUSE DE UZ CASNIC SI GOSPODARESC:

- » canistre;
- » tevi;
- » lopeti;
- » sape;
- » pubele gunoi etc.

CONSTRUCTII METALICE DIVERSE:

- » paturi;
- » panouri garduri ornamentale;
- » balustrade;
- » containere resturi menajere;
- » pavele pardoseli;
- » boxpaleti etc.

LIVRAM LA PRETURI AVANTAJOASE:

pe baza de **C.E.C.** oricarui agent economic de stat sau privatizat.

cu plata **in numerar,** *prin magazinul propriu,* oricarei persoane particulare.

METALURGIA

REVISTA EDITATA DE "SIDEROM" S. A.

9 septembrie 1994

Sumar

Aloman Angel: **Calcule compozitionale la elaborarea aliajelor si la sinteza compusilor chimici** *5*

Bujoreanu Leandru, Stanciu Sorin, Dia Vasile: **Comportamentul elastic al unui aliaj Cu-Al-Ni, cu memoria formei** *12*

Bercea Mihai: **Tensiuni remanente în tevi sudate longitudinal, electric, prin presiune** *18*

Szentgyörgyi Csaba: **Reoxidarea, factor limita al cresterii puritatii otelurilor** *23*

Vasile Toma: **Aspecte cantitative ale cineticii globale la carburarea în medii controlate. Influenta parametrilor temporali** *28*

Moldovan Petru, Chira Ion, Pana Mihaela, Marginean Ioan: **Compunerea încarcaturii metalice la utilizarea deseurilor pentru elaborarea aliajelor neferoase secundare** *34*

Soporan Vasile Filip: **Sistem de clasificare si apreciere a modelelor si metodelor de rezolvare specifice analizei procesului de solidificare** *42*

Galasiu Ioan, Galasiu Rodica: **Influenta porozitatii carbunilor asupra reactiilor de oxidare ale anozilor folositi la fabricarea aluminiului** *49*

Dobrescu Grigore: **Consideratii privind optimizarea proiectarii constructiv-tehnologice a tamburilor de frânare, turnati din Fc** *54*

Taloi Dragos, Matei George, Constantin Ioan, Drule Liana: **Optimizarea procesului de obtinere electrolitica a pulberii de cupru de calitate impusa - determinarea modelului matematic** *57*

Strugari Florea, Plesa Dumitru, Sandru Mihai, Moraru Gheorghe, Tudosie Florin: **Table din otel placate** *67*

Gaspar Petrus: **Consideratii privind laminarea si calibrarea cilindrilor pentru profile "U" normale** *71*

Dobrescu Grigore : **Unele consideratii privind oportunitatea extinderii gamei de tratamente termice aplicabile fontelor cu grafit sferoidal de tip Fgn 450 - 5 si Fgn - Al** *75*

Besliu Calin, Olariu Agata, Badica Teodor, Popescu Ion, Ene Antoaneta, Strugari Catalin: **Cercetari experimentale privind determinarea continutului de elemente prin metoda activarii cu neutroni termici asupra materiilor prime si materiale existente pe fluxul de fabricatie din Combinatul Siderurgic "SIDEX" S. A. Galati** *79*

Revista revistelor *11, 22, 27, 33, 41, 48, 66, 74, 78*

Târguri, conferinte si congrese internationale *48, 53, 56*

Colegiul onorific de redactie

(în ordine alfabetica)

LUCIAN AMANCEI, VICTOR BERTALAN, ION CHIOSE, SORIN DIMITRIU, MIRCEA DOBRESCU, VICTOR GUIDEA DANILA, ALEXANDRU FLOREA, EMIL FLORIAN, LADISLAU FRUMOSU, RADU HANGA, PETRE IANC, GHEORGHE LEPADATU, STEFAN MARGINEANU, VIOREL MUNTEANU, ALEXANDRU STOENESCU, OLARU IOAN, MIHAELA PANA, VASILE PARPALA, CRISTIAN PIRVAN, CONSTANTIN POPESCU, BUJOR ROSCA, SILVIU SAMOILESCU, EUGEN SANDU, IOAN FLORENTIN SANDU, HORATIU VODA

Redactor responsabil: prof. dr. ing. I. VÂRCOLACU
Revizie tehnica: prof. dr. ing. I. VÂRCOLACU
Sef CIDMET: ing. Brândusa Florentina Scortea
Redactor: ing. Brândusa Florentina Scortea
Stilizare, corectura: Ioana Kuglay, Rodica Rosu
Tehnoredactare computerizata: Lidia Vereanu

Redactia si administratia: Bucuresti, str. Mendeleev, nr.21-25, sector 1, cod 70168, telefon 6594990

Institutiile pot achita abonamentele în contul nostru de viramент nr. 30 15 20 201 BCR-SMB. Costul unui exemplar: lei 1500

Este societatea Dvs. în masura sa
țină pasul cu tehnologiile moderne?

Cereti imediat materialele editate
de CIDMET - SIDEROM

PENTRU A fi INFORMAT

Traducere : ing. S. Florea

Aloman A.: **Composition calculations for making and synthesizing chemical compounds**

For binary, tertiary etc. systems the detailed chemical analysis uses mass and atomic percentage concentrations. The initial components quantities, needed to marce on an alloy with a given composition or a compound with given stoechiometric indices are calculated.

For the case of making a monophasic alloy of given composition and that of an intermediary phase of a binary phase diagram the authors give the may of evaluating the stoechiometric indices.

Metalurgia 46(1994), nr. 9, p. *5*

Bujoreanu L., Stanciu S., Dia V.: **Elastic behaviour of a Cu-Al-Ni shape memory alloy**

The authors have made tensile tests, as loading-unloading cycles, on test pieces made of a Cu-Al-Ni shape memory alloy, proving the elastic hysteresis for various strain rates. Mechanical cycling curves have four steps for each gliding-degliding. This behaviours has not been mentioned in technical literature, either for monocrystals or for polycrystaline alloys.

Metalurgia 46(1994), nr. 9, p. *12*

Bercea M.: **Residual stresses in longitudinal pressure electric welded pipes**

The paper discusses the residual stress distribution in blanks and in welded pipes of ϕ35x2 mm and ϕ38x2 mm, determined by hole drilling and X-ray diffraction.

Metalurgia 46(1994), nr. 9, p. *18*

Szentgyörgyi C.: **Reoxidation - limit factor in increasing steel cleanness**

The paper is a synthesis, based on many literature sources, of recent research on steel reoxidation processes during ladle refining and continuous casting. The main reoxidation sources are studied as well as their influence on steel cleanness and the various protection methods used to prevent the reoxidation process.

Metalurgia 46(1994), nr. 9, p. *23*

Vasile T.: **Quantitative aspects of global kineticks of carburizing in controlled environments. Time parameters influence**

Metalurgia 46(1994), nr. 9, p. *28*

Moldovan P.et al: **Metal charge composition when using waste to make secondary non-ferrous alloys**

The authors give details on techniques to make charge receipts and on preparation sequences in the charge bay for making secondary non-ferrous alloys of waste.

Metalurgia 46(1994), nr. 9, p. *34*

Soporan V.F.: **Classification and evaluation system for models and methods specific to solidification process analysis**

The study shows the modelling possibilities for the solidification process of castings. The classification system for models and methods used is presented. For modelling the author refers to the following elements: mathematical equations, initial and limit conditions, contact temperature evaluation. The paper approaches his own program and examples.

Metalurgia 46(1994), nr. 9, p. *42*

Galasiu I., Galasiu R.: **Coal porosity influence on oxidation of Al-making electrodes**

The authors discuss certain aspects of carbon anodes oxidation during Al electrolysis using their own and literature data. The problem of in-depth anode oxidation are reviewed as well as coal porosity influence variation influence on these processes.

Metalurgia 46(1994), nr. 9, p. *49*

Dobrescu Gr.: **Design optimization of grey iron cast brake drums**

Simultaneons optimization of component and technology designs for brake drums and other gray iron castings is shown to be a timely solution in a market economy, providing for production and application costs reductions.

Metalurgia 46(1994), nr. 9, p. *54*

D. Taloi et al: **Quality copper powder making process optimization**

The paper is the result of research activity for mathematic modelling of electrolytic making of quality copper powder.

Metalurgia 46(1994), nr. 9, p. *57*

Strugari Florea et al: **Coated steel plate**

Metalurgia 46(1994), nr. 9, p. *67*

Gaspar Petrus: **On rolling and grooving mill rolls for normal U shapes**

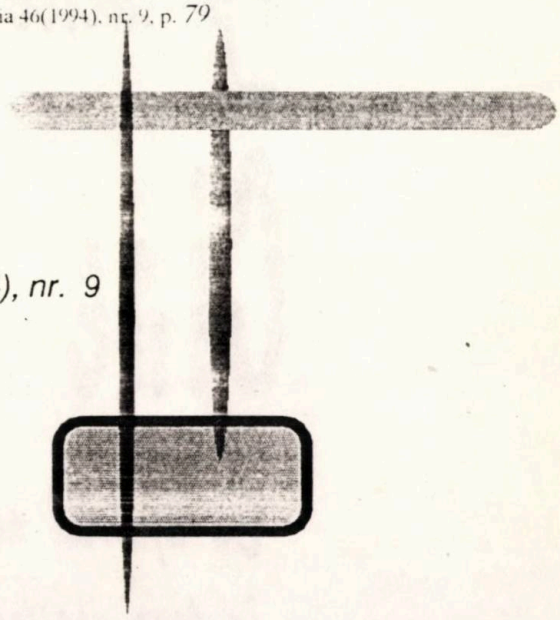
Metalurgia 46(1994), nr. 9, p. *71*

Dobrescu Grigorie: **On additional heat treatment types for nodular iron**

Metalurgia 46(1994), nr. 9, p. *75*

Besliu C.et al: **Experimental researches concerning the element content determination using the activation method with thermal neutrons on the raw materials and materials existing at "SIDEX" Iron Steel Works S. A. Galati**

Metalurgia 46(1994), nr. 9, p. *79*



Incepand cu anul 1993

CJDMET - SJDEROM

va ofera

o lucrare foarte importanta pentru dv. si anume publicatia

BREVIARUL SOCIETATILOR COMERCIALE

Productie si Oferta

Cine 1995 ce

Cu ajutorul acestui breviar, aflati tot ce se produce în tara noastra, în domeniul metalurgiei.

Publicatia apare anual

CALCULE COMPOZITIONALE LA ELABORAREA ALIAJELOR SI LA SINTEZA COMPUSILOR CHIMICI

Prof.dr.ing.Angel Aloman - Universitatea "Politehnica" - Bucuresti

C.Z.:669.057.12

Cea mai utilizata metoda de elaborare a aliajelor si de sinteza a compusilor chimici este metoda directa de topire a componentilor în fiole (nacele, creuzete) vidate, urmata de racire si solidificare.

In general, se considera ca date initiale la elaborare:

» cantitatea (masa, greutatea) G de aliaj (compus) care trebuie elaborat (sintetizat);

» concentratiile componentilor aliajului exprimate în procente masice C_i sau în procente atomice X_i;

» formula chimica stoechiometrica $A_mB_nC_p$ .... a compusului care trebuie sintetizat;

» masele atomice M_i ale componentilor (elemente chimice).

Prin calcul trebuie sa se obtina cantitatile G_i ale componentilor care trebuie introduse în fiola pentru elaborare sau sinteza.

» 1) Sistem binar A-B

a) Aliaj A-B

- Date initiale ale sistemului binar sunt:

$$G_{A\text{-}B} = G_A + G_B$$

$$C_A$$

$$C_B = 100 - C_A$$

- Se calculeaza:

$$G_A = G_{A\text{-}B}\frac{C_A}{100}$$

$$G_B = G_A + B\frac{C_B}{100} = G_A - B\frac{100 - C_A}{100}$$

b) Aliaj A-B

- Date initiale:

$$G_{A\text{-}B} = G_A + G_B$$

$$X_A$$

$$X_B = 100 - X_A$$

$$M_A, M_B$$

- Se calculeaza:

$$C_A = \frac{X_A M_A}{X_A M_A + X_B M_B}100$$

$$C_B = \frac{X_B M_B}{X_A M_A + X_B M_B}100$$

$$G_A = G_A - B\frac{C_A}{100} = G_A - B\frac{X_A M_A}{X_A M_A + X_B M_B} =$$

$$G_A - B\frac{X_A M_A}{X_A M_A + (100 - X_A)M_B}$$

$$G_B = G_A - B\frac{C_B}{100} = G_A - B\frac{X_B M_B}{X_A M_A + X_B M_B} =$$

$$= G_A - B\frac{(100 - X_A)M_B}{X_A M_A + (100 - X_A)M_B}$$

c) Compus A_mB_n

- Date initiale:

$$G_{A_mB_n}$$

$$M_A, M_B$$

- Se calculeaza:

$$M_{A_mB_n} = mM_A + nM_B = M_{uf}$$

M_{uf} este masa unitatii formulare (sau masa moleculara).

$$X_A = \frac{m}{m+n}100$$

$$X_B = \frac{n}{m+n}100 = 100 - X_A$$

$$G_A = G_{A_mB_n}\frac{\frac{m}{m+n}M_A}{\frac{m}{m+n}M_A + \frac{n}{m+n}M_B} =$$

$$= G_{A_mB_n}\frac{mM_A}{mM_A + nM_B}$$

$$G_A = G_{A_mB_n}\frac{mM_A}{M_{A_mB_n}}$$

$$G_B = G_{A_mB_n}\frac{\frac{n}{m+n}M_B}{\frac{m}{m+n}M_A + \frac{n}{m+n}M_B} =$$

$$= G_{A_mB_n}\frac{nM_B}{mM_A + nM_B} = G_{A_mB_n}\frac{nM_B}{M_{A_mB_n}}$$

» 2) Sistem ternar A-B-C

a) Aliaj A-B-C-
- Date initiale:

$$G_{A\text{-}B\text{-}C} = G_A + G_B + G_C$$

$$C_A,\ C_B,\ C_C = 100 - C_A - C_B$$

- Se calculeaza:

$$G_A = G_{A\text{-}B\text{-}C}\frac{C_A}{100}$$

$$G_B = G_{A\text{-}B\text{-}C}\frac{C_B}{100}$$

$$G_C = G_{A-B-C}\frac{C_C}{100} = G_{A-B-C}\frac{100 - C_A - C_B}{100}$$

b) Aliaj A-B-C
- Date initiale:

$$G_{A\text{-}B\text{-}C} = G_A + G_B + G_C$$

$$X_A, X_B, X_C = 100 - X_A - X_B$$

$$M_A,\ M_B,\ M_C$$

- Se calculeaza:

$$C_A = \frac{X_AM_A}{X_AM_A + X_BM_B + X_CM_C}100$$

$$C_B = \frac{X_BM_B}{X_AM_A + X_BM_B + X_CM_C}100$$

$$C_C = \frac{X_CM_C}{X_AM_A + X_BM_B + X_CM_C}100$$

$$G_A = G_{A-B-C}\frac{C_A}{100} =$$

$$= G_{A-B-C} = \frac{X_AM_A}{X_AM_A + X_BM_B + X_CM_C}$$

$$G_B = G_{A-B-C}\frac{C_B}{100} =$$

$$= G_{A-B-C} = \frac{X_BM_B}{X_AM_A + X_BM_B + X_CM_C}$$

$$G_C = G_{A-B-C}\frac{C_C}{100} =$$

$$= G_{A-B-C} = \frac{X_CM_C}{X_AM_A + X_BM_B + X_CM_C}$$

c) Compus ternar $A_mB_nC_p$
- Date intiale:

$$G_{A_mB_nC_p}$$

$$M_A,\ M_B,\ M_C$$

- Se calculeaza:

$$M_{A_mB_nC_p} = mM_A + nM_B + pM_C$$

$$X_A = \frac{m}{m+n+p}100$$

$$X_B = \frac{n}{m+n+p}100$$

$$X_C = 100 - X_A - X_B = \frac{pm}{m+n+p}100$$

$$G_A = G_{A_mB_nC_p}\cdot \frac{\frac{m}{m+n+p}M_A}{\frac{m}{m+n+p}M_A + \frac{n}{n+m+p}M_B + \frac{p}{m+n+p}M_C} =$$

$$= G_{A_mB_nC_p}\frac{mM_A}{M_{A_mB_nC_p}}$$

$$G_B = G_{A_mb_nC_p}\frac{nM_B}{M_{A_mB_nC_p}}$$

$$G_C = G_{A_mB_nC_p}\frac{pM_C}{M_{A_mB_nC_p}}$$

» 3) Sistem polinar:

a) Aliaj A-B-C- ... -i- ...
- Date initiale:

$G_{aliaj} = G_A + G_B + G_C + \ldots + G_i + \ldots = \sum G_i$

$C_A,\ C_B,\ C_C,\ \ldots,\ C_i,\ \ldots$

Se calculeaza:

$$G_i = G_{aliaj}\frac{C_i}{100}$$

b) Aliaj A-B-C- ... - i - ...
- Date initiale:

$$G_{aliaj} = G_A + G_B + G_C + \ldots + G_i + \ldots$$

$$X_A,\ X_B,\ X_C,\ \ldots,\ X_i,\ \ldots$$

$$M_A,\ M_B,\ M_C,\ \ldots,\ M_i,\ \ldots$$

- Se calculeaza:

$$C_i = \frac{X_iM_i}{\sum (X_iM_i)}100$$

$$G_i = G_{aliaj}\frac{C_i}{100} = G_{aliaj}\frac{X_iM_i}{\sum (X_iM_i)}$$

c) Compus polinar $A_mB_nC_p$ ... iv ...
- Date initiale:

G_{compus}

$M_A,\ M_B,\ M_C,\ ...,\ M_i,\ ...$

- Se calculeaza:

$$M_{uf} = M_{compus} = \sum (\nu_i M_i)$$

$$X_i = \frac{\nu_i}{\sum \nu_i} 100$$

$$C_i = \frac{X_i M_i}{\sum (X_i M_i)} 100 = \frac{\frac{\nu_i}{\sum \nu_i} M_i}{\sum \left(\frac{\nu_i}{\sum \nu_i} M_i\right)} 100 =$$

$$= \frac{\nu_i M_i}{M_{uf}} 100$$

$$G_i = G_{compus} \frac{C_i}{100} = G_{compus} \frac{\nu_i M_i}{M_{uf}}$$

» 4) Sistem binar în care cei doi componenti sunt compusi chimici

a) Aliaj A_mB_n - C_pD_r
- Date initiale:
Cantitatea aliajului:

$$G_a = G_{A_mB_n} + G_{C_pD_r}$$

$C_{A_mB_n}$

$$C_{C_pD_r} = 100 - C_{A_mB_n}$$

Se calculeaza:

$$G_{A_mB_n} = G_a \frac{C_{A_mB_n}}{100}$$

$$G_{C_pD_r} = G_a \frac{C_{C_pD_r}}{100}$$

b) Aliaj A_mB_n - C_pD_r
Date initiale:

$$G_a = G_{A_mB_n} + G_{C_pD_r}$$

$X_{A_mB_n}$, , procente molare, %mol

$$X_{C_pD_r} = 100 - X_{A_mB_n}$$

$M_{A_mB_n}$, $M_{C_pD_r}$, - mase moleculare

Se calculeaza:

$$C_{A_mB_n} = \frac{X_{A_mB_n} M_{A_mB_n}}{X_{A_mB_n} M_{A_mB_n} + X_{C_pD_r} M_{C_pD_r}} 100$$

$$C_{C_pD_r} = \frac{X_{C_pD_r} M_{C_pD_r}}{X_{A_mB_n} M_{A_mB_n} + X_{C_pD_r} M_{C_pD_r}} 100$$

$$G_{A_mB_n} = G_a \frac{C_{A_mB_n}}{100}$$

$$G_{C_pD_r} = G_a \frac{C_{C_pD_r}}{100}$$

5) Intr-un aliaj A_mB_n - C_pD_r trebuie sa se introduca un nou element chimic E într-o concentratie exprimata în procente atomice X_E.

Elementul chimic E este însa disponibil numai sub forma compusului chimic E_sF_t.

- Date initiale:

$$G_a = G_{A_mB_n} + G_{C_pD_r} + G_{E_sF_t}$$

$X_{A_mB_n}$, %mol.

$X_{C_pD_r}$, %mol.

X_E, %at.

$M_{A_mB_n}$, $M_{C_pD_r}$, $M_{E_sF_t}$

Se calculeaza:

Concentratia în procente atomice a componentului E în compusul E_sF_t:

$$X_E{}^{E_sF_t} = \frac{s}{s+t} 100$$

- Concentratia în procente molare $X_{E_sF_t}$ de compus E_sF_t, care trebuie introdusa în aliaj:

100% E_sF_t . . . . . $X_E{}^{E_sF_t}$

$X_{E_sF_t}$ . . . . . X_E

$$X_{E_sF_t} = \frac{X_E}{X_E{}^{E_sF_t}} 100$$

- Concentratiile în procente de greutate ale celor trei compusi:

$$C_{A_mB_n} = \frac{X_{A_mB_n} M_{A_mB_n}}{X_{A_mB_n} M_{A_mB_n} + X_{C_pD_r} M_{C_pD_r} + X_{E_sF_t} M_{E_sF_t}} 100$$

$$C_{C_pD_r} = \frac{X_{C_pD_r} M_{C_pD_r}}{X_{A_mB_n} M_{A_mB_n} + X_{C_pD_r} M_{C_pD_r} + X_{E_sF_t} M_{E_sF_t}} 100$$

$$C_{E_sF_t} = \frac{X_{E_sF_t} M_{E_sF_t}}{X_{A_mB_n} M_{A_mB_n} + X_{C_pD_r} M_{C_pD_r} + X_{E_sF_t} M_{E_sF_t}} 100$$

Cantitatile compusilor:

$$G_{A_mB_n} = G_a \frac{C_{A_mB_n}}{100}$$

$$G_{C_pD_r} = G_a \frac{C_{C_pD_r}}{100}$$

$$G_{E_sF_t} = G_a \frac{C_{E_sF_t}}{100}$$

» 6) Se cere sa se calculeze cantitatile componentilor pentru elaborarea aliajului:

$Ba_{0,8}Ca_{0,1}Sr_{0,1}TiO_3 + 0,4\%mol.\ Sb_2O_3$

- Date initiale:
- Cantitatea aliajului ce trebuie elaborat:

$$G_a = G_{Ba_{0,8}Ca_{0,1}Sr_{0,1}TiO_3} + G_{Sb_2O_3} = G_1 + G_2$$

- Concentratia în procente molare a compusului Sb_2O_3 este:

$$X_{Sb_2O_3} = X_2 = 0,4\%$$

- Masa moleculara (masa unitatii formulare) a celor doi compusi este:

$$M_1 = 0,8 \cdot M_{Ba} + 0,1 \cdot M_{Ca} + 0,1 \cdot M_{Sr} + 1 \cdot M_{Ti} + 3 \cdot M_O$$

$$M_2 = 2 \cdot M_{Sb} + 3 \cdot M_O$$

- Se calculeaza:
- Concentratia în procente molare a compusului:

$$Ba_{0,8}Ca_{0,1}Sr_{0,1}TiO_3$$

$$X_1 = 100 - X_2 = 100 - 0,4 = 99,6\%$$

- Concentratiile în procente de greutate ale celor doi compusi sunt:

$$C_1 = \frac{X_1M_1}{X_1M_1 + X_2M_2}100$$

$$C_2 = \frac{X_2M_2}{X_1M_1 + X_2M_2}100$$

Cantitatile celor doi compusi:

$$G_1 = G_a \frac{C_1}{100}$$

$$G_2 = G_a \frac{C_2}{100}$$

- Daca în loc de oxid de stibiu Sb_2O_3 se introduce stibiu elementar, cantitatea necesara se determina printr-o regula de trei simpla:

M_{Sb} ..... $B_{Sb_2O_3} = M_2$

G_{Sb} ..... $G_{Sb_2O_3} = G_2$

$$G_{Sb} = G_2 \frac{M_{Sb}}{M_2}$$

- Daca primul compus se introduce sub forma amestecului oxizilor simpli:

$(BaO)_{0,8} \cdot (CaO)_{0,1} \cdot (SrO)_{0,1} \cdot TiO_2$

concentratiile celor patru oxizi în % molare sunt:

$$X_{BaO} = \frac{\nu_{BaO}}{\sum \nu_i}100 = \frac{0,1}{0,8 + 0,1 + 0,1 + 1}100 = 40\%$$

$$X_{CaO} = \frac{\nu_{CaO}}{\sum \nu_i}100 = \frac{0,1}{0,8 + 0,1 + 0,1 + 1}100 = 5\%$$

$$X_{SrO} = \frac{\nu_{SrO}}{\sum \nu_i}100 = \frac{0,1}{2}100 = 5\%$$

$$X_{TiO_2} = \frac{\nu_{TiO_2}}{\sum \nu_i}100 = \frac{1}{2}100 = 50\%$$

Concentratiile în procente de greutate pentru cei patru oxizi sunt:

$$C_{BaO} = \frac{X_{BaO} \cdot M_{BaO}}{\sum X_i M_i}100$$

$$C_{CaO} = \frac{X_{CaO} \cdot M_{CaO}}{\sum X_i M_i}100$$

$$C_{SrO} = \frac{X_{SrO} \cdot M_{SrO}}{\sum X_i M_i}100$$

$$C_{TiO_2} = \frac{X_{TiO_2} \cdot M_{TiO_2}}{\sum X_i M_i}100$$

Cantitatile celor patru oxizi sunt:

$$G_{BaO} = G_1 \frac{C_{BaO}}{100}$$

$$G_{CaO} = G_1 \frac{C_{CaO}}{100}$$

$$G_{SrO} = G_1 \frac{C_{SrO}}{100}$$

$$G_{TiO_2} = G_1 \frac{C_{TiO_2}}{100}$$

Daca oxidul CaO se introduce sub forma carbonatului de calciu care se disociaza la încalzire

$$CaCO_3 \rightarrow CaO + CO_2$$

trebuie calculata cantitatea:

G_{CaCO_3}

M_{CaO} ..... M_{CaCO_3}

G_{CaO} ..... G_{CaCO_3}

$$G_{CaCO_3} = G_{CaO} \frac{M_{CaCO_3}}{M_{CaO}}$$

» 7) In cazul elaborarii (sintezei) unui aliaj binar A-B monofazic cu concentratiile componentilor exprimate în procente masice C_A si C_B, aliaj care reprezinta o faza intermediara, un compus chimic A_mB_n, cu indicii stoechiometrici m si n necunoscuti, acestia se pot calcula în modul urmator:

- Date initiale:

$$C_A,\ C_B$$

$$M_A,\ M_B$$

- Se calculeaza fractiile atomice x_A si x_B, care sunt numere zecimale subunitare:

$$x_A = \frac{X_A}{100} = \frac{C_A / M_A}{C_A / M_A + C_B / M_B}$$

$$x_B = \frac{X_B}{100} = \frac{C_B / M_B}{C_A / M_A + C_B / M_B}$$

$$x_A + x_B = 1$$

$$0 < x_{A,B} < 1$$

- Corelatiile dintre indicii stoechiometrici si fractiile atomice sunt urmatoarele:

$$x_A = \frac{m}{m+n} = \frac{m}{n_{af}};\ m = x_A \cdot n_{af}$$

$$x_B = \frac{n}{m+n} = \frac{n}{n_{af}};\ n = x_B \cdot n_{af}$$

$$\frac{x_A}{x_B} = \frac{m}{n}$$

$$n_{af} = m + n$$

unde n_{af} este numarul de atomi în formula chimica.

In formula stoechiometrica A_mB_n, indicii stoechiometrici m si n sunt cele mai mici numere întregi care respecta raportul x_A/x_B.

Pentru a transforma marimile x_A si x_B în numere întregi se înmulteste cu 10^k

$$x_A \cdot 10^k$$

$$x_B \cdot 10^k$$

unde k este numarul maxim de zecimale din x_A si x_B.

- Numerele $x_A \cdot 10^k$ si $x_B \cdot 10^k$ se descompun în factori primi si se determina cel mai mare divizor comun (c.m.m.d.c.), care este egal cu produsul numerelor prime comune la puterea cea mai mica.

- Pentru a obtine cele mai mici numere întregi care reprezinta indicii stoichiometrici, marimile $x_A \cdot 10^k$ si $x_B * 10^k$ trebuie împartite la c.m.m.d.c.

$$m = \frac{x_A \cdot 10^k}{c.m.m.d.c.}$$

$$n = \frac{x_B \cdot 10^k}{c.m.m.d.c.}$$

Numarul de atomi în formula chimica a compusului este:

$$n_{af} = \frac{m}{x_A} = \frac{n}{x_B} = \frac{10^k}{c.m.m.d.c}$$

De exemplu, pentru un aliaj monofazic A-B s-au obtinut prin calcul urmatoarele fractii atomice ale componentilor:

$$x_A = 0{,}625$$

$$x_B = 0{,}375$$

- Numarul maxim de zecimale este k = 3.
- Se calculeaza produsele:

$$x_A\ 10^k = 0{,}625 \cdot 10^3 = 625$$

$$x_B\ 10^k = 0{,}375 \cdot 10^3 = 375$$

Se efectueaza descompunerea în factori primi:

$$625 = 5^4 \quad \text{si} \quad 375 = 3 \cdot 5^3$$

- Produsul numerelor prime comune la puterea cea mai mica este cel mai mare divizor comun:

$$c.m.m.d.c. = 5^3 = 125$$

Indicii stoechiometrici se obtin:

$$m = \frac{X_A \cdot 10^k}{c.m.m.d.c.} = \frac{625}{125} = 5$$

$$n = \frac{X_B \cdot 10^k}{c.m.m.d.c.} = \frac{375}{125} = 3$$

Formula stoechiometrica a compusului rezulta A_5B_3.

» 8) In calculele compozitionale apare des necesitatea transformarii concentratiei din procente atomice X, în concentratie exprimata în procente masice (de greutate) C si invers. Pentru sistemul binar A-B, relatiile de transformare sunt:

$$C_A = \frac{X_A M_A}{X_A M_A + X_B M_B} 100 =$$

$$= \frac{(100 - X_B) M_A}{(100 - X_B) M_A + X_B M_B} 100 =$$

$$= \frac{100}{1 + \frac{X_B}{100 - X_B} \frac{M_B}{M_A}}$$

$$C_B = \frac{X_B M_B}{X_A M_A + X_B M_B} 100 =$$

$$= \frac{X_B M_B}{(100 - X_B)M_A + X_B M_B} 100 =$$

$$= \frac{100}{1 + \frac{100 - X_B}{X_B} \frac{M_A}{M_B}}$$

$$X_A = \frac{C_A M_B}{C_A M_B + C_B M_A} 100 =$$

$$= \frac{(100 - C_B)M_B}{(100 - C_B)M_B + C_B M_A} 100 =$$

$$= \frac{100}{1 + \frac{C_B}{100 - C_B} \frac{M_A}{M_B}}$$

$$X_B = \frac{C_B M_A}{C_A M_B + C_B M_A} 100 =$$

$$= \frac{C_B M_A}{(100 - C_B)M_B + C_B M_A} 100 =$$

$$= \frac{100}{1 + \frac{100 - C_B}{C_B} \frac{M_B}{M_A}}$$

Se observa ca functiile $C_A = f(X_B)$, $C_B = f(X_B)$, $X_A = f(C_B)$, $X_B = f(C_B)$ nu sunt liniare. De aceea, la transformarea $X \leftrightarrow C$ precizia este în functie de numarul de cifre semnificative luate în considerare, dupa virgula zecimala.

Pentru concentratiile componentului B se poate scrie:

$$C_B \pm \Delta C_B$$

$$X_B \pm \Delta X_B$$

» Erorile ΔC_B si ΔX_B sunt legate prin relatia:

$$DC_B \approx \left(\frac{dC_B}{dX_B}\right) \Delta X_B ,$$

daca valorile lui ΔX_B sunt suficient de mici.

Atunci, pe baza relatiilor de mai sus, se obtine:

$$\frac{\Delta C_B}{\Delta X_B} = \frac{dC_B}{dX_B} =$$

$$\frac{M_B (100 - X_B) M_A + X_B M_B^2 - X_B M_B (M_B - M_A)}{[(100 - X_B)M_A + X_B M_B]^2} 100 =$$

$$= \frac{M_A M_B}{[(100 - X_B)M_A + X_B M_B]^2} 100^2 =$$

$$= \frac{C_A C_B}{X_A X_B} = \frac{C_B (100 - C_B)}{X_B (100 - X_B)}$$

Daca se respecta inegalitatea:

$$0{,}1 \leq \frac{dC_B}{dX_B} < 10 ,$$

se considera ca preciziile celor doua scari sunt de acelasi ordin de marime.

Daca se respecta inegalitatea:

$$10 \leq \frac{dC_B}{dX_B} < 100 ,$$

preciziile celor doua scari difera cu un ordin de marime s.a.m.d.

Notându-se:

$$t = \lg \frac{dC_B}{dX_B} ,$$

se pot formula regulile prezentate în tabelul 1, privind schimbarea numarului de cifre semnificative dupa virgula zecimala, la transformarea $X_B \rightarrow C_B$.

Tabelul 1

Conditie	Schimbarea numarului de cifre
$-2 < t \leq -1$	+ 1
$-1 < t < +1$	0
$+1 \leq t < 2$	- 1
$+2 \leq t < +3$	- 2

La transformarea $C_B \rightarrow X_B$ se utilizeaza aceleasi reguli din tabelul 1, tinându-se seama ca:

$$\frac{\Delta X_B}{\Delta C_B} = \frac{dX_B}{dC_B} =$$

$$= \frac{M_A (100 - C_B) M_B + C_B M_A^2 + C_B M_A M_B - C_B M_A^2}{[(100 - C_B) M_B + C_B M_A]^2} 100 =$$

$$\frac{M_A M_B}{[(100 - C_B) M_B + C_B M_A]^2} 100^2 =$$

$$= \frac{X_A X_B}{C_A C_B} = \frac{X_B (100 - X_B)}{C_B (100 - C_B)}$$

$$t = \lg \frac{dX_B}{dC_B}$$

Pentru a realiza o transformare precisa a concentratiei $X \leftrightarrow C$ este necesar ca valoarea transformata si rotunjita pâna la numarul de cifre specificat în tabelul 1 sa fie retransformabila la valoarea initiala.

Daca la retransformare nu se obtine valoarea initiala, se adauga o cifra la valoarea transformata,

apoi se rotunjeste si se verifica retransformarea la valoarea initiala a concentratiei.

De exemplu în sistemul binar Al-Fe, în care masele atomice ale componentilor sunt M_{Al} = 26,98154, respectiv M_{Fe} = 55,847, se cere transformarea precisa a concentratiei de Fe exprimata în procente masice:

$$C_{Fe} = 0{,}052\%$$

în concentratie exprimata în procente atomice X_{Fe}:

$$X_{Fe} = \frac{100}{1 + \frac{100 - C_{Fe}}{C_{Fe}} \frac{M_{Fe}}{M_{Al}}} =$$

$$= \frac{100}{1 + \frac{99{,}948}{0{,}052} \frac{55{,}847}{26{,}98154}} = 0{,}0251296$$

$$\frac{dX_{Fe}}{dC_{Fe}} = \frac{X_{Fe}\,(\,100 - X_{Fe}\,)}{C_{Fe}\,(\,100 - C_{Fe}\,)} =$$

$$= \frac{0{,}025 \cdot 99{,}975}{0{,}052 \cdot 99{,}948} = 0{,}48089$$

$$0{,}1 < \frac{dX_{Fe}}{dC_{Fe}} < 10$$

$$-1 < t < +1$$

Din tabelul 1 rezulta ca la valoarea transformata X_{Fe} se pastreaza acelasi numar de cifre semnificative dupa virgula zecimala, ca la valoarea initiala C_{Fe}. Deoarece C_{Fe} = 0,052% are trei cifre dupa virgula zecimala, valoarea X_{Fe} trebuie rotunjita la trei cifre semnificative dupa virgula zecimala.

Deci, valoarea transformata rotunjita este:

$$X'_{Fe} = 0{,}025$$

Controlul acestei valori se face retransformând-o în procente masice:

$$C'_{Fe} = \frac{100}{1 + \frac{100 - X'_{Fe}}{X'_{Fe}} \frac{M_{Al}}{M_{Fe}}} =$$

$$= \frac{100}{1 + \frac{99{,}975}{0{,}025} \frac{26{,}98154}{55{,}847}} = 0{,}517317$$

Deoarece C_{Fe} are trei cifre dupa virgula zecimala, trebuie rotunjita la trei cifre dupa virgula zecimala si valoarea C'_{Fe}

$$C''_{Fe} = 0{,}052 = C_{Fe}$$

In concluzie, valoarea calculata X'_{Fe} = 0,025 reprezinta valoarea concentratiei transformate care trebuie folosita.

BIBLIOGRAFIE

[1] **Aloman A.**: Diagrame de echilibru fazic în stiinta materialelor metalice si semiconductoare. Vol.1, 2, 3a, 3b. Bucuresti, Universitatea Politehnica, 1993-1994, 1570 p.

[2] **Aloman A.**: Caracterizarea compozitionala a materialelor. Bucuresti, INTEC S.A., 1992, 530 p.

[3] **Nedzi L.A.**: *Conventions for composition conversion.* Bulletin of Alloy Phase Diagrams, v.1, nr.1, p.17, 1980

[4] **Aloman A.**: Elemente de termodinamica pentru stiinta materialelor. Vol.1-2. Bucuresti, Universitatea Politehnica, 1992, 792 p.

REVISTA REVISTELOR

REVUE DE METALLURGIE, FRANTA, 1993, Nr.5

Injectia intensiva de praf de carbune cu cocs de rezistenta mica la furnalul 2 Kukura, p.765

- *Masurarea grosimii reziduale a materialului refractar în creuzetele furnalelor prin metode acustice, p. 773*
- *Controlul cu ultrasunete al captuselii refractare în siderurgie, p. 779*
- *Comportamentul termomecanic al materialelor refractare ale sertarelor glisante, p. 785*
- *Reducerea uzurii captuselilor convertizoarelor la Sollac prin utilizarea unei noi metode de asezare a caramizilor, p. 797*

COMPORTAMENTUL ELASTIC AL UNUI ALIAJ Cu-Al-Ni, CU MEMORIA FORMEI

Ing. Bujoreanu Leandru , ing. Stanciu Sorin , asistenti universitari Universitatea Tehnica "Gh.Asachi" Iasi, ing. Vasile Dia - S.C. TEPRO S.A. Iasi

C.Z.: 669.017.13

INTRODUCERE

Primul studiu sistematic al fenomenului de memoria formei, la aliajele de tip Cu-Al-Ni, a fost efectuat de catre C.W. Chen, în anul 1957 [1]. Cum aliajele policristaline sunt în general fragile, rupându-se dupa o alungire maxima de 3% [2], majoritatea studiilor s-au concentrat asupra monocristalelor din acest aliaj, la care s-au observat deformari remanente recuperabile, prin efect simplu de memoria formei, de pâna la 7% [1].

Cu toate acestea, la ora actuala, aliajele policristaline de acest tip sunt considerate de uz comercial, alaturi de aliajele Cu-Zn-Al si Ni-Ti [1]. Pentru rafinarea structurii care, ca la orice bronzuri cu Al aliate cu Ni, este formata de obicei din cristale aciculare de tip martensitic, grosolane, [3] se utilizeaza aliaje de tip Cu-Al-Ni-Mn, rafinate cu: B, Ce, Fe, Ti, V, Zr [4].

prima deformare elastica pe portiunea OA, urmeaza primul stadiu de curgere reprezentând un fenomen de demaclare, ce ia sfârsit în B. Trebuie remarcat ca în punctul A se defineste limita de curgere, $\sigma 0{,}2$ a martensitei de calire, de aproximativ 130 MPa [4]. Demaclarea sub tensiune este o consecinta a faptului ca martensita de calire din Cu-Al-Ni, notata γ_1 este de tip 2 H [7], cu o substructura cu macle interne (atât forfecarea plana invarianta de la formarea martensitei, cât si acomodarea acesteia s-au produs prin maclare) [8]. Daca solicitarea ar înceta, fie la începutul fie la sfârsitul demaclarii, descarcarea s-ar face pe traseele marcate cu linie întrerupta, rezultând o alungire remanenta recuperabila prin încalzire.

In punctul B, începe o noua deformare elastica a retelei demaclate care se termina în C, prin atingerea unei noi limite de curgere, σ_p, de 500-800 MPa [4]. Dupa punctul C începe cel de-al doilea stadiu de curgere care se produce prin alunecare. Si deformatia

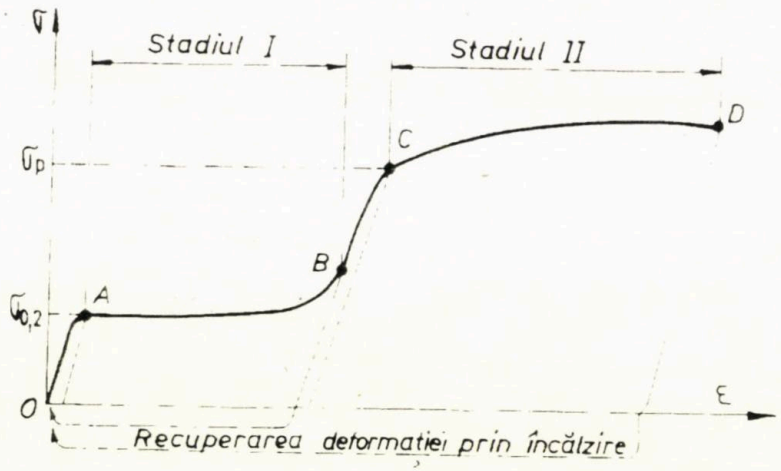


Fig. 1

Curba schematica de tractiune, pentru un aliaj cu memoria formei, solicitat în domeniul martensitic [1,6]. A - începutul demaclarii, B - sfârsitul demaclarii , C - începutul alunecarii, D - sfârsitul solicitarii

Tensile diagram for a shape memory alloy, loaded in the martensitic zone. A - degliding begining, B - end of degliding, C - begining of gliding, D - end of loading

Studiile efectuate, pe aliajele cu memoria formei, precum si sistematizarile informatiilor, cu ocazia diferitelor simpozioane internationale pe acesata tema, începând cu 1957 [5] au permis descrierea comportarii generale a acestor aliaje, atunci când sunt supuse la tractiune, în domeniul martensitic, figura 1 [1, 6]. In principiu, deformarea plastica a martensitei de calire se produce în doua stadii. Astfel dupa o remanenta de la sfârsitul acestui stadiu (punctul D) este recuperabila prin încalzire.

Studii ale comportarii la tractiune, în domeniul martensitic, efectuate cu viteze reduse de deformare ($\dot{\varepsilon} = 2{,}5 \times 10^{-4}\ s^{-1}$), pe monocristale de aliaj Cu-14 Al-4,2 Ni (% M), au relevat prezenta a trei stadii de curgere, figura 2 [9].

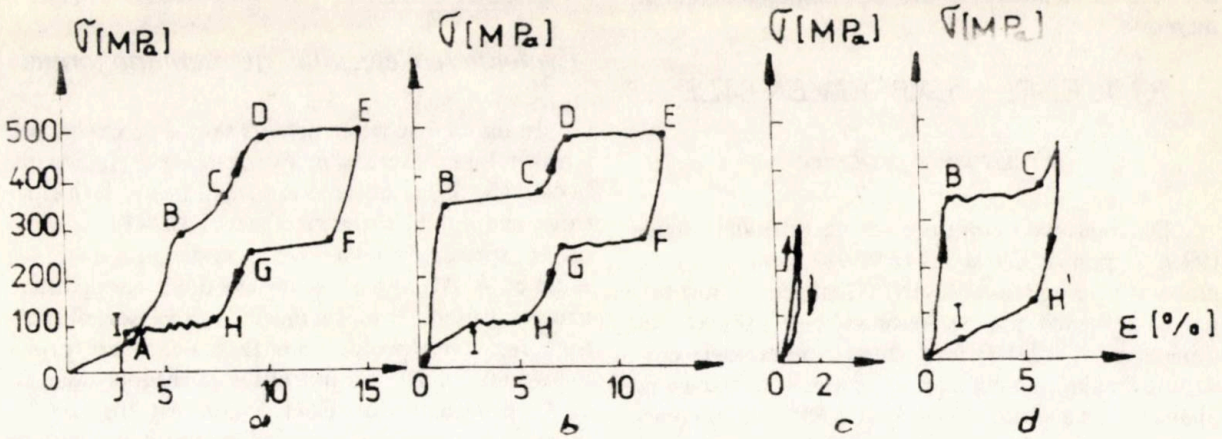


Fig. 2

Curbe de tractiune cu viteza de deformare, a monocristalelor de aliaj Cu - 14Al - 4.2Ni (%m), $\varepsilon = 2,5 \cdot 10^{-4} s^{-1}$, în domeniul martensitic ($T < Mf$): a) primul ciclu, b) al doilea ciclu, c) întreruperea solicitarii dupa primul stadiu de curgere, d) întreruperea solicitarii dupa cel de-al doilea stadiu de curgere. Stadiile de curgere si transformarile martensitice corespunzatoare sunt: OA - reorientarea martensitei de calire γ'_1 BC - transformarea $\gamma'_1 \rightarrow \beta''_1$ DE - transformarea $\beta'_1 \rightarrow \alpha_1$. La descarcare, apar transformarile: FG – $\alpha_1 \rightarrow \beta_1$ si HI - $\beta_1 \rightarrow \gamma_1$ [pe curba d) : H I $\beta_1 \rightarrow \gamma_1$]

Tensile diagram with strain rate of Cu - 14 Al - 4.2 Ni (% W), $\varepsilon = 2,5 \cdot 10^{-4} s^{-1}$ in the martensitic zone ($T < Mf$):a) the 1 -st cycle; b) the 2 - nd cycle; c) loading stoppage after the second flow cycle. Flow stages and their corresponding martensitic transformations are: OA - quecching martensite γ'_1 reorientation, BC - $\gamma'_1 \rightarrow \beta''_1$ transformation; DE - $\beta'_1 \rightarrow \alpha_1$ transformation. Unloading transformations: FG - $\alpha_1 \rightarrow \beta_1$ and HI [on line d): H'I $\beta_1 \rightarrow \gamma_1$]

La primul ciclu de deformare, (fig.2 a) martensita de calire, γ'_1 cu structura 2H si ordine de împachetare AB, prezinta un prim stadiu de curgere, pe portiunea OA, constând dintr-o reorientare a variantelor de martensita. Dupa primul stadiu de curgere, (prezent numai la primul ciclu de solicitare), microstructura aliajului tinde sa devina cea a unui monocristal de γ'_1 orientat preferential fata de tensiunea aplicata (chiar daca reorientarea nu este completa). In continuare, matensita γ'_1 orientata preferential sufera o deformare elastica pâna în punctul B. Aceasta comportare elastica se întâlneste si în al doilea ciclu (fig.2 b).

In punctul B începe cel de-al doilea stadiu de curgere, prin care martensita γ'_1 orientata preferential si deformarea elastica se transforma în martensita β''_1, (cu structura 18 R2 si ordine de împachetare AB'A B'CA' CA'C A'BC' BC'B C'Ab"), pe portiunea BC.

Apoi martensita β''_1, indusa prin tensiune sufera o deformare elastica, pe portiunea CD.

In punctul D începe cel de-al treilea stadiu de curgere, constând în transformarea martensitei β''_1, în martensita α'_1 (cu structura 6H si ordine de împachetare AB'C A'BC',), pe portiunea DE. Trebuie remarcat, ca spre deosebire de primul stadiu (care nu apare decât la primul ciclu de solicitare), celelalte doua stadii de curgere sunt prezente si în ciclurile ulterioare. Disparitia primului stadiu de curgere se explica prin prezenta histerezisului la descarcare unde, (desi deformatia totala este perfect elastica), nu se parcurge acelasi traseu, transformarile de faza nefiind totdeauna reversibile. Astfel dupa revenirea elastica a martensitei α'_1, pe portiunea EF, în locul transformarii $\alpha'_1 \rightarrow \beta''_1$ portiunea FG se produce transformarea $\alpha'_1 \rightarrow \beta_1$ care prezinta aceeasi deformare macroscopica. Martensita β''_1, (cu structura $18R_1$, si ordine de împachetare AB'C B'CA' Ca'B A';BC' BC'A C'AB'), sufera o revenire elastica, pe portiunea GH. Intre H si I, martensita β''_1 se transforma în martensita γ'_1 care revine apoi elastic, din I pâna în O sau J, la primul ciclu (din acest motiv primul stadiu de curgere nu mai apare la reluarea solicitarii).

Intrerupând solicitarea înaintea celui de-al doilea ciclu (fig.2c) sau a celui de-al treilea ciclu (fig.2d) s-au observat comportamente elastice similare, cu exceptia transformarii $\beta''_1 \rightarrow \gamma'_1$, produsa pe portiunea H I.

In concluzie, comparând figura 1 si 2 se constata ca, spre deodsebire de aliajele policristaline, monocristalele au prezentat deformatii elastice de pâna la 15%, nefiind necesara încalzirea pentru recuperarea deformarii. Acest lucru se datoreaza inexistentei alunecarii, ca mod de deformatie, fiecare ciclu de încarcare-descarcare fiind un ansamblu de maclari - demaclari (prin care se produc reorientari ale retelei cristaline), intercalate cu deformatii elastice.

Pe baza studiilor anterioare, autorii lucrarii si-au propus sa analizeze comportamentul elastic al unui aliaj policristalin tip Cu-Al-Ni, cu memoria formei, solicitat la cicluri de încarcare- descarcare în domeniul martensitic, în plus aliajul a fost elaborat din componente de puritate tehnica drept care analiza chimica a relevat prezenta unor elemente însotitoare

noi care nu au modificat drastic comportamentul de memorie.

PROCEDEE EXPERIMENTALE

Pregatirea probelor

Din materiale componente de puritate tehnica (99,95% pentru Cu si Al si 99,9% pentru Ni) s-a elaborat un aliaj Cu-14Al-4Ni (%m), care a fost turnat si deformat plastic, obtinându-se epruvete de dimensiuni 0,7x2x100 mm, dupa o tehnologie conceputa de autori. Verificarea compozitiei chimice pe aliajul turnat a aratat: 13,64% Al, 3,89% Ni precum si cantitati reduse de Fe si Sn (sub 0,6%), restul fiind Cu.

Utilaj si parametri de încercare

După ce s-a verificat prezenta efectului simplu de memoria formei la încovoiere, s-au efectuat încercari la tractiune, compuse din etape de încarcare-descarcare, la diverse viteze de deformatie. Solicitatile s-au realizat pe o masina de încercat la tractiune Heckert" tip FPZ 100/1, obtinându-se si diagramele tensiune-deformatie corespunzatoare. Forta maxima de încercare a fost: F_{max} = 400N, iar vitezele de deformatie (viteza de deplasare a traversei) s-au stabilit V_{T1} = 0,15 mm/min, V_{T2} = 0,2 mm/min, V_{T3} = 0,25 mm/min, V_{T4} = 1 mm/min si V_{T5} = 2 mm/min. In toate situatiile, viteza de deplasare a hârtiei pe care s-a trasat diagrama s-a pastrat V_H = 20 mm/min.

REZULTATELE EXPERIMENTALE

Evidentierea efectului de memoria formei

In figura 3 se poate urmari sensul de modificare a profilului epruvetelor încovoiate la rece (fig.3a) sau la cald (fig.3b) si încalzite în scopul evidentierii efectului simplu de memoria formei (EMF). "Forma calda", spre care aliajul tinde sa revina prin EMF, s-a notat cu A. Aceasta a fost supusa deformarii plastice prin încovoiere, în sensul maririi sau micsorarii acesteia, rezultând profilul din B. La încalzire proba încovoiata cu 20^0 s-a îndreptat la început doar cu 12^0C, prezentând un EMF incomplet (fig.3.a). Se mentioneaza ca deplasarea a fost destul de rapida si s-a produs numai la începutul primului ciclu de deformare-încalzire. La ciclurile ulterioare, deformarea plastica a fost complet recuperabila prin încalzire. Aceasi lucru s-a observat si la proba încovoiata la cald si îndreptata partial la rece care, încalzita, si-a redobândit forma calda (fig.3b).

Desi rezultatul acestei încercari nu face obiectul lucrarii de fata, urmând a se publica ulterior, se face mentiunea ca punctul cel mai vulnerabil al metodei este îndoirea (îndreptarea) la rece care trebuie facuta cu mare atentie pentru a evita ruperea probelor si care este singura ce limiteaza marimea EMF, neputând- se obtine deformare de peste 20^0C.

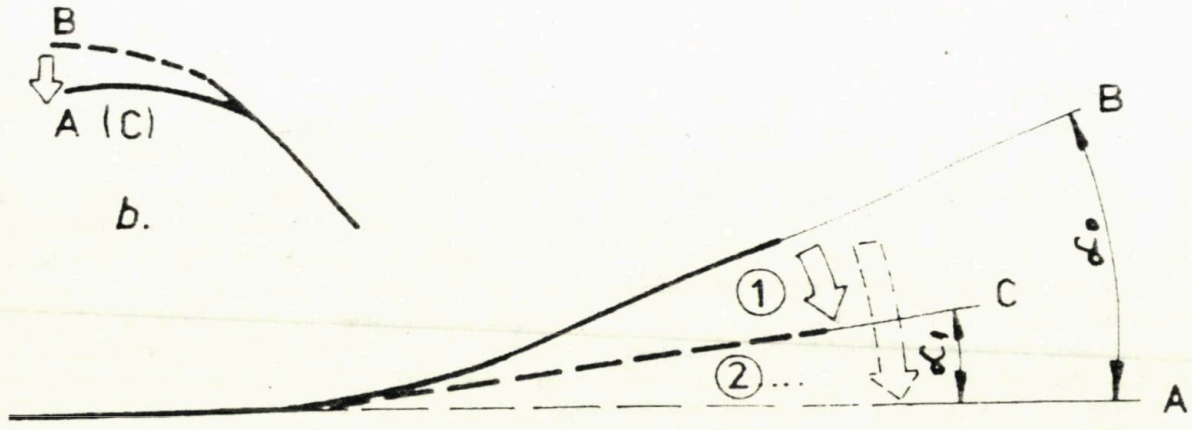


Fig. 3

Variatia profilului epruvetelor, de la forma initiala, imprimata la cald (A), la cea obtinuta prin deformare plastica la rece (B), urmata de modificarea formei în sensul sagetii în pozitia C, prin efect de memoria formei: a, partial la primul ciclu de îndreptare ($\alpha^0 = 20^0, \alpha_1 = 8^0$) urmat de deflexie totala la ciclurile urmatoare; b - total la îndoire.

Test piece profile variation from its initial, hot stamped, shape (A) to that achieved by cold forming (B), followed by a shape change in arrow sense in position C by shape memory effect: a - partially after the 1 - st straightening cycle ($\alpha_0 = 20^0, \alpha_1 = 8^0$) followed by total deflexion after the next cycles; b - totally after bending

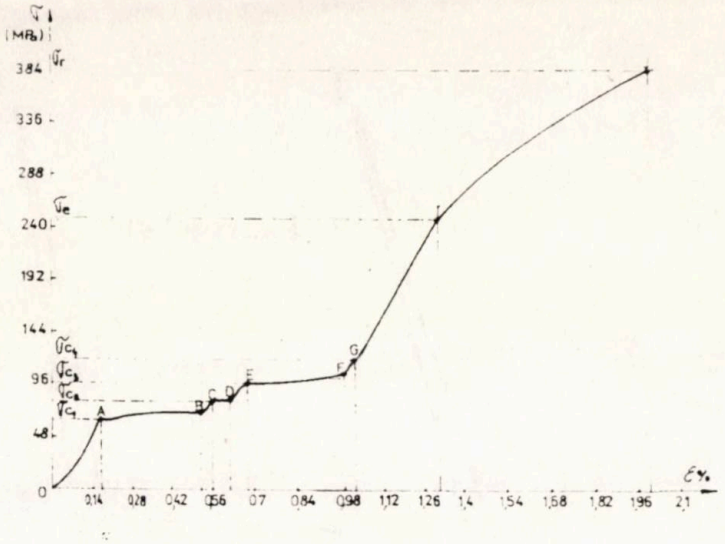


Fig. 4

Curba de tractiune deformare până la rupere cu viteza $\dot{\varepsilon} = 2,3 \cdot 10^{-5}\ s^{-1}$. Pe lânga cele 2 paliere elastice de curgere AB si EF, apare un palier minim CD si un punct de inflexiune G

Tensile stress - strain diagram to UTS, with a rate of $\dot{\varepsilon} = 2,3 \cdot 10^{-5}\ s^{-1}$. Alongside the two classic flow steps, AB and EF, a lower CD steps and a G vortex appears

Curba de tractiune la rupere

Curba de tractiune la rupere este reprezentata în figura 4, unde s-a copiat diagrama trasata de masina, dupa ce a fost redusa 2 ori. Viteza de deformare s-a ales de 10 ori mai mica decât a cea din [9], fiind $\dot{\varepsilon} = 2,3 \cdot 10^{-5}\ s^{-1}$. Curba prezinta mai multe portiuni de deformare elastica OA, BC, DE si GI precum si 3 paliere de curgere: doau mari - Ab si EF - asemanatoare cu cele din figura 1 si unul mic - CD - nementionat anterior. In plus, se observa un punct de inflexiune G care, se va arata ulterior, corespunde unui al doilea palier mic.

Desi sensibil mai mici decât valorile prezentate anterior, tensiunile limita au fost:

- *la rupere:* $\sigma_r = 384$ *MPa (în J);*
- *de elasticitate (aparenta):* $\sigma_e = 245$ *MPa (în I);*
- *la curgere: pe AB,* $\sigma_{c1} = 61$ *MPa (în A), pe CD,* $\sigma_{c2} = 77$ *MPa (în C), pe EF,* $\sigma_{c3} = 96$ *MPa (în E0.*

In plus s-a notat si tensiunea punctului G, $\sigma_{c4} = 115$ MPa (în G).

Trebuie mentionat ca în contradictie cu aspectul diagramei pe portiunea IJ, care indica comportamentul plastic, alungirea la rupere a fost de doar 0,1%.

Curbe de încarcare-descarcare, în domeniul elastic

Cu aceeasi viteza de deformare $\dot{\varepsilon} = 2,3 \times 10^{-5}\ s^{-1}$, s-au efectuat cicluri de încarcare descarcare, în

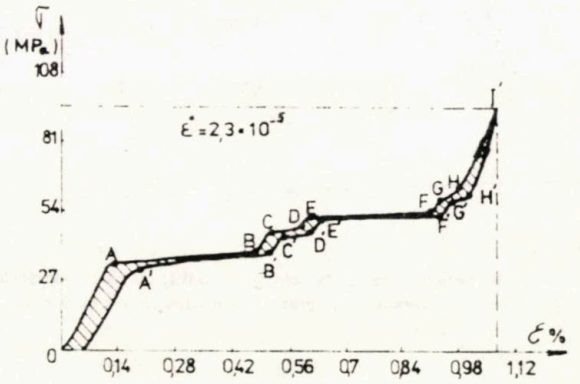


Fig. 5

Evidentierea comportarii elastice, cu aparitia acelorasi paliere, din figura 4 si în plus a palierului GH. Suprafata hasurata reprezinta histerezisul ciclului

Elastic behaviour with the same steps as in figura 4 plus with GH step. Hatched area is the cycle hysteresis.

domeniul elastic (la tensiuni mai mici decât cea corespunzatoare punctului I, din figura 4). La început s-a observat o comportare similara cu cea din figura 4, dar la ciclurile urmatoare s-a observat aparitia celui de-al doilea palier mic de curgere, GH. Astfel, daca descarcarea s-a efectuat dupa o alungire totala de 1,078% si o tensiune maxima de 100 MPa (punctul I) s-a obtinut curba din figura 5. Se observa histerezisul ciclului si pastrarea palierelor la descarcare, alungirea remanenta de aproximativ 0,05% fiind total nesemnificativa.

Urmatorul set de încercari pâna la o tensiune maxima de 260 MPa, efectuate la diverse viteze de deformare au curbele încarcare- descarcare

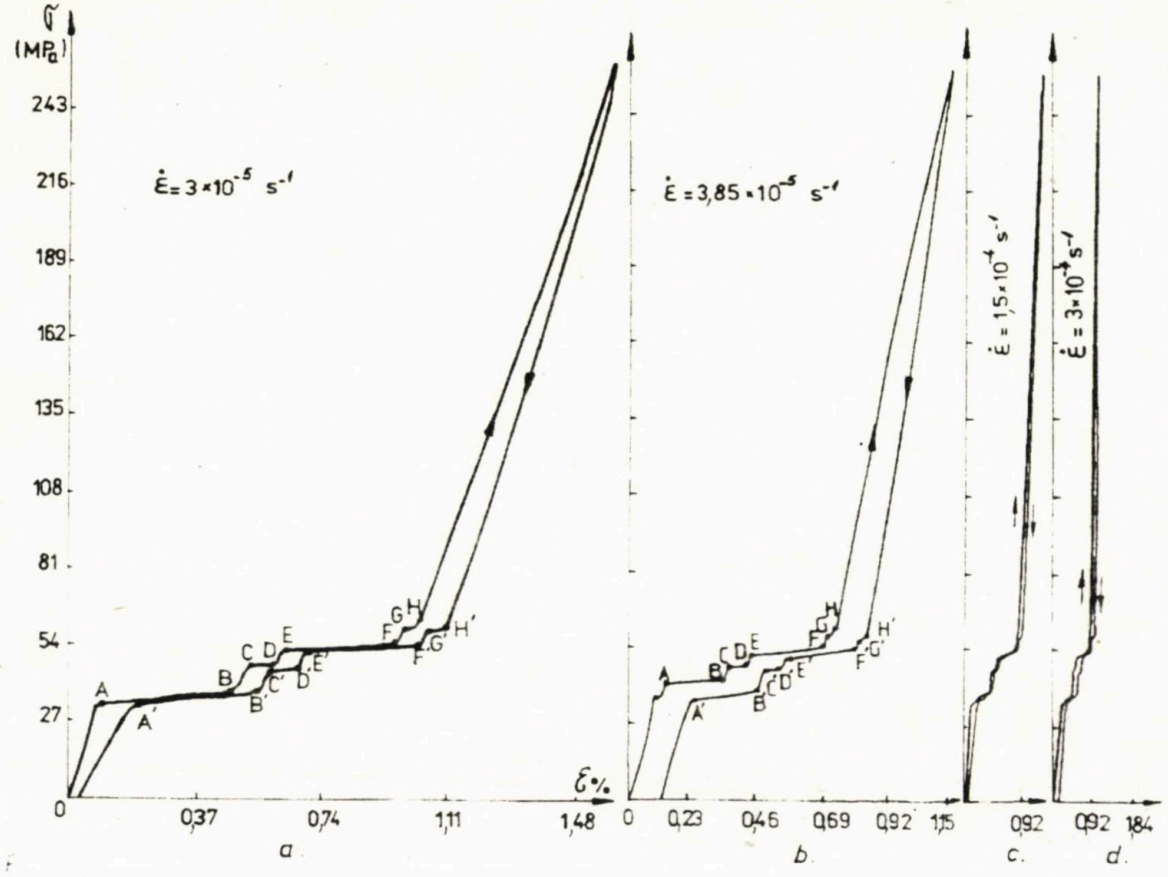


Fig. 6

Curbe de încarcare - descarcare elastica, cu diferite viteze de deformare, pâna la aceasi tensiune maxima: 260MPa
Elastic loading - unloading diagrams, with various strain rates up to the same maximal stress: 260 MPa

reprezentate în figura 6. Se remarca pastrarea palierelor la tensiuni foarte apropiate dar alungirea elastica se micsoreaza.

CONCLUZII

Caracterul curbelor de încarcare-decarcare elastica la tractiune corespunzatoare aliajului elaborat de autori este inedit prin prezenta a patru paliere de curgere nementionate în literatura de specialitate, nici la monocristale nici la aliaje policristaline. Faptul ca deformarea este elastica exclude prezenta alunecarii ca mod de deformare plastica, deci (inclusiv pe palierele evidentiate) se produc maclari. Intrepretarea fizica a acestor paliere depaseste din pacate, posibilitatile materiale de investigatie ale autorilor. Am fi deosebit de onorati daca specialisti interesati de EMF, cu acces la aparatura de analiza microstructurala "in situ" ne-ar transmite parerea lor în legatura cu acest mod de deformare pseudo-elastica.

BIBLIOGRAFIE

[1] **Wayman C.W. ,Duering, T.W.**: *An Introduction to Martensite and Shape Memory*. Engineering Aspects of Shape Memory Alloys, editata de Duerig, C.W., Melton, K.N. Stökel, D. si Wayman, C.M.; Butterworth-Heinemann, London Boston-Singapore-Sidney-Toronto- Wellington, 1990, p.3-20

[2] **Xu.H. Roy, S.M. Kim, K.H. Hinz B. Muler I.:** The Thermomechanical Behaviour of Cu-Al-Ni Single Crystals with Shape Memory. Advanced Materials and Processes, editata de Exner, H si Schumacher, V., Information-gesellschaft Verlag, 1990, p.1357- 1362

[3] **Ineciu M., Moldovan P., Panait N., Groza I., Buzatu M., Marinescu D.**: Elaborarea si turnarea aliajelor neferoase. E.D.P., Bucuresti, 1982

[4] **Wu H.M.**: Cu-Based Shape Memory Alloys, Acta Metallurgica, 30, 1982

[5] **Perkins J:** Shape Memory Effects in Alloys, Plenum Press, New York - London, 1975

[6] Melton K.N., Mercier O.: *The Mechanical Properties of NiTi* - Based Shape Memory Alloys. In: Acta Metallurgica 29, 1981, p.393

[7] **Otsuka K., Wauman C.M., Sakamoto H., Shimizu K:** *Superelasticity Effects and Stress - Induced Martensitic Transformations in Cu-Al-Ni Alloy.* In: Acta Metallurgica 24,1976, p.207

[8] **Inchinose S., Funtasu Y., Otsuka K.** - *Type II Deformation Twinning in γ_1 Martensite in a Cu-Al-Ni Alloy.* In: Acta Metallurgica 33, 1985, p.1631

[9] **Otsuka K., Sakamoto H., Shimizu K.** - *Succesive Stress Induced Martensitic Transformations and Associated Transformation Pseudoelasticity in Cu-Al-Ni.* In: Acta Metallurgica 27, 1979, p.585

[10]**Bujoreanu L.G., Stanciu S., Dia V.:** *Comportamentul elastic al unui aliaj Cu-Al-Ni, cu memoria formei*

REVISTA REVISTELOR

PRIMUL CONGRES INTERNATIONAL ASUPRA ÎNTREBUINTARII CARBUNELUI SI COCSULUI ÎN SIDERURGIE, BRAZILIA, 1987

- *Utilizarea metalurgica a carbunelui în Brazilia, p.3*
- *Cercetarea si dezvoltarea în domeniul carbunelui si al cocsului în contextul industriei siderurgice braziliene, p.35*
- *Stingerea uscata a cocsului, p.55*
- *Caracteristicile carbunilor metalurgici brazilieni, p.83*
- *Erori în determinarea puterii de cocsificare prin teste de laborator, p.125*
- *Modele de optimizare a amestecurilor de carbuni de cocsificare, p.145*
- *Selectia si evaluarea amestecurilor de cocsificare, p.169*
- *Calcule referitoare la amestecurile de carbuni cocsificabili, p.185*
- *Realizarea amestecurilor de carbuni în baza unui model de prognozare a rezistentei, p.209*
- *Cocsificarea, p.251*
- *Calitatea cocsului de furnal produs în cuptoare cu camere largi, p.279*
- *Tendinte noi în caracterizarea cocsului de furnal, p.309*
- *Comportarea cocsului în furnal si evaluarea ei, p.337*
- *Influenta cocsului stins uscat, produs din amestecuri de cocsificare de calitate redusa, asupra functionarii furnalului, p.355*
- *Dezvoltarea procesului de brichetare a cocsului, p.369*
- *Procesul COREX cu carbuni brazilieni, p.421*
- *Controlul si instrumentele cuptoarelor de cocsificare moderne, p.425*
- *Particularitatile controlului si reglajului procesului în instalatia de cocsificare Salmer, p.443*
- *Caracteristicile carbunilor de cocsificare australieni, p.473*
- *Evaluarea si selectia carbunilor de cocsificare, p.495*
- *Controlul procesului în instalatia de cocsificare, p.519*
- *Teoria cocsificarii carbunelui, p.551*
- *Calitatea carbunilor de cocsificare americani - retrospectiva generala, p.579*
- *Selectia carbunilor de cocsificare din punct de vedere al valorii economice, p.631*
- *Alegerea carbunilor de cocsificare, p.659*
- *Forme de carbon în cocs - clasificare si aplicatii industriale, p.709*

TENSIUNI REMANENTE IN TEVI SUDATE LOGITUDINAL, ELECTRIC, PRIN PRESIUNE

Ing. Mihai Bercea asistent universitar, Universitatea Tehnica "Gh.Asachi" Iasi

C.Z.: 621.774.2

Introducere

Tehnologia de fabricatie a tevilor, prin sudare electrica, implica si aparitia tensiunilor remanente, datorita deformarii plastice neuniforme care are loc pe parcursul laminarii benzii, formarii si reducerii diametrale a tevii etc., cât si a transformarilor structurale din timpul sudarii si racirii intensive (cu jet de emulsie).

In general, tensiunile remanente au efecte nedorite asupra materialului, efecte manifestate prin: deformatii care determina pierderea preciziei dimensionale, diminuarea rezistentelor chimice, statice si dinamice ale materialului cât si a proprietatilor fizice ale acestuia [1].

Este util sa se cunoasca nivelul tensiunilor remanente, pentru a se putea interveni în vederea diminuarii acestora, fie actionând asupra factorilor tehnologici care intervin pe parcursul procesului tehnologic si care au implicatii asupra acestor tensiuni, fie ulterior, prin aplicarea unor tratamente termice, mecanice sau mixte, de detensionare.

Lucrarea îsi propune sa prezinte rezultatele reiesite din analiza experimentala a tensiunilor remanente dintr-o teava ϕ 35 x 2 mm, obtinute prin deformare plastica la rece si sudata longitudinal, electric, prin presiune.

Proprietatile fizico-chimice ale materialului.

Parametrii tehnologici.

Teava sudata * ϕ 35 x 2 mm (conform tehnologiei de executie) este rezultatul reducerii diametrale la rece, a tevii ϕ 38 x 2 mm, obtinuta, la rândul ei, prin formarea si sudarea electrica longitudinala, prin presiune, a benzii 119 x 2 mm, din otel OL 32 (otel ferito-perlitic) cu compozitia chimica si proprietatile fizico-chimice prezentate în tabelele 1 si 2.

Rezultatele experimentale

Este cunoscut faptul ca tehnologia de laminare a tablelor determina si aparitia tensiunilor remanente (de ordinul I) de compresiune, în straturile superficiale si de tractiune spre interior [2].

Analiza prin difractia[1] razelor X a unui esantion din banda laminata semifabricat, cu latimea de 119 mm, a evidentiat tensiuni remanente de ordin I, în straturile superficiale (max.30 μm adâncime) neuniform distribuite, foarte mari; apropiate de limita de elasticitate, în zonele adiacente marginilor rezultate prin forfecare, mai reduse în zona de mijloc[2] de aproximativ 190 [MPa], iar în rest de aproximativ 145-165 [MPa].

S-a evidentiat, de asemenea, ca aceste distributii nu sunt apropiate ca nivel, pe ambele fete ale benzii [3].

Pe partea opusa, tensiunile remanente sunt mai reduse, ca nivel, cu aproximativ 80-100 [MPa], în puncte similare.

Utilizând T.E.R. (traductori HOTTINGER BALDWIN -10/120 RG11 si adezivi CIANOFIX) s-a determinat nivelul tensiunilor remanente de ordin I, prin metoda trepanarii, în zona centrala a benzii - tabelul 3, figura 1.

Deformarea plastica ulterioara prin încovoierea longitudinala a benzii, pâna la obtinerea formei circulare, determina modificarea distributiei tensiunilor remanente pe directia grosimii benzii.

In acest sens, utilizând rozete tensometrice specializate (RY21- HOTTINGER BALDWIN), pe baza metodei gauririi, conform normei E 837 - 85 [4] s-au determinat distributiile tensiunilor remanente, în directia radiala, în teava ϕ 38 x 2 - nesudata cât si în

Tabelul 1

Compozitia chimica a materialelor utilizate
Material analysis

Material	Elemente %								
	C	Mn	Si	P	S	Cr	Ni	Mo	Cu
OL32	0,06	0,35	0,03	0,022	0,023	0,03	0,02	0,02	0,04

* Din nomenclatorul de fabricatie al societatii TEPRO S.A. Iasi

1 - s-a utilizat o instalatie DRON - 3

2 - la distanta de 59,5 mm de margine

Tabelul 2

Proprietatile fizico-mecanice ale materialelor utilizate
Mechanical properties

Material	Limita de elasticitate	Limita de curgere	Modulul de elasticitate	Coeficientul lui Poisson	Rezistenta la rupere	Alungirea la rupere	Gâtuirea la rupere
	$\sigma_{0,1}$	$\sigma_{0,2}$	$E \times 10^5$	ν	σ_r	A	Z
	[MPa]	[MPa]	[MPa]	-	[MPa]	[%]	[%]
OL32	226 - 228	230 - 235	1,65 - 1,74	0,289	318 - 320	26 - 27	68 - 71,2

Tabelul 3

Distributia tensiunilor remanente pe directia grosimii benzii
Residual stress distribution on band thickness direction

Nr. crt.	S	σ_x	σ_y	τ_{xy}
0	mm	MPa	MPa	MPa
1	0,005	- 158,56	- 70,44	36,65
2	0,150	103,05	23,52	49,93
3	0,200	13,66	1,91	8,419
4	0,400	31,66	- 1,08	16,42
5	0,650	49,71	9,1	26,33
6	0,900	81,47	9,4	30,65
7	1,150	61,132	9,83	31,10
8	1,250	45,842	7,927	24,06
9	1,400	28,89	7,79	16,86
10	1,550	25,219	20,9	17,463
11	1,650	22,56	- 13,78	12,59
12	1,850	8,261	- 2,491	24,553
13	1,900	56,538	30,000	16,525
14	1,975	- 71,8	- 30,002	18,67

tevile sudate ϕ 38 x 2 si ϕ 35 x 2, atât în sudura cât si în materialul de baza.

In scopul celor mentionate s-a utilizat un dispozitiv adecvat (fig.2) care permite:

» prinderea tevii în conditii de simetrie si perpendicularitate fata de faza de gaurire (ϕ 2 [mm]);

» cunosterea avansului de patrundere a frezei în peretele tevii;

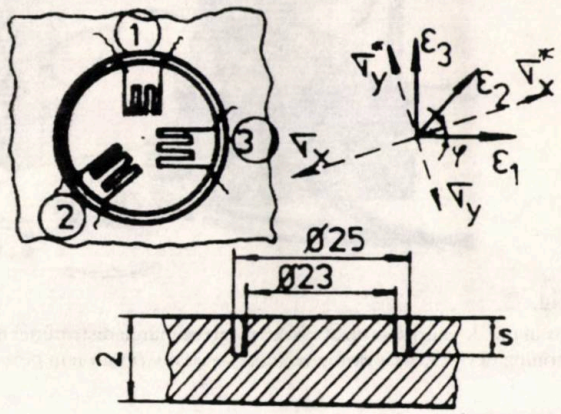


Fig. 1
Principiul metodei trepanarii
Trepanning principle

» reglarea turatiei de lucru a frezei.

Determinarea tensiunilor principale pe baza celor trei deformatii ε_1, ε_2, ε_3 obtinute cu ajutorul celor trei marci tensometrice permite ulterior obtinerea proiectiilor acestora σ_{xR} si σ_{yR}cât si a eforturilor τ_{xyR} (fig.3).

Tensiunile remanente îsi modifica directiile si nivelurile pe parcursul procesului tehnologic.

Apropierea marginilor în vederea sudarii, debavurarea surplusului de material cât si fenomenele metalurgice care au loc în timpul racirii, determina cresterea tensiunilor remanente din zonele apropiate de suprafata cu aproximativ 10% în zona de sudare si cu mai putin de 3% în zona materialului de baza, fata de tensiunile corespunzatoare aferente tevii formate dar nesudate (fig.4, fig.5).

Eforturile longitudinale σ_{xR} sau transversale σ_{yR} sunt în general de tractiune la suprafata exterioara si de compresiune sau foarte apropiate de "O" la suprafata interioara a tevii.

Faza urmatoare, tragerea la rece, care are drept scop reducerea diametrala a tevii de la ϕ 38 la ϕ 35 [mm] fara a se modifica grosimea peretelui, determina cresterea nivelului tensiunilor remanente fata de faza precedenta cu aproximativ 75% si 20% în zona îmbinarii, respectiv în materialul de baza (fig.6).

Fig. 2

Instalatia de gaurire utilizata pentru determinarea distributiei tensiunilor remanente în tevi
Drilling device to determine residual stress distribution in pipes

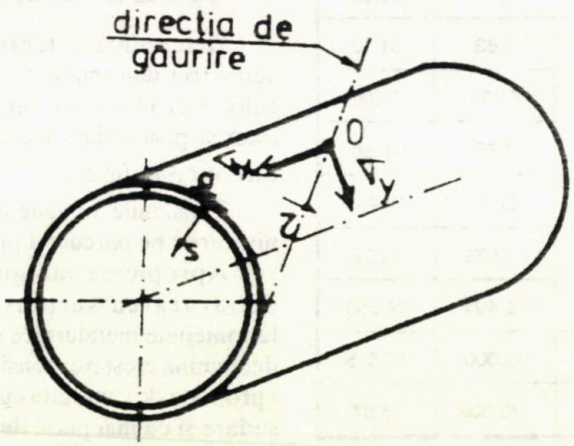


Fig. 3

Orientarea tensiunilor remanente σ_{XR} , σ_{YR} , τ_{XYR}

Residual stress orientation (σ_{XR} , σ_{YR} , τ_{XYR})

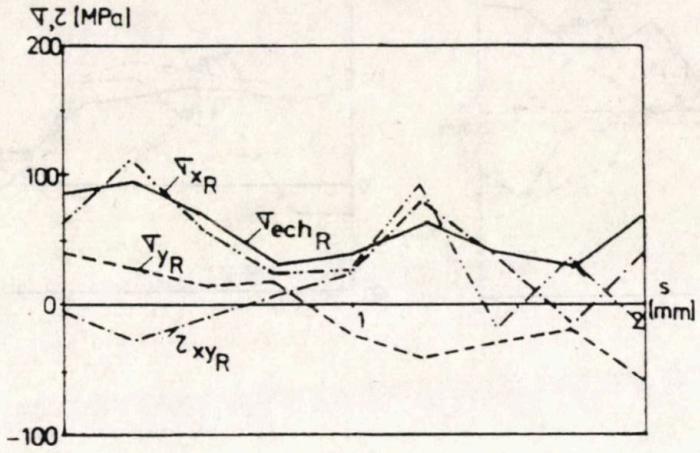
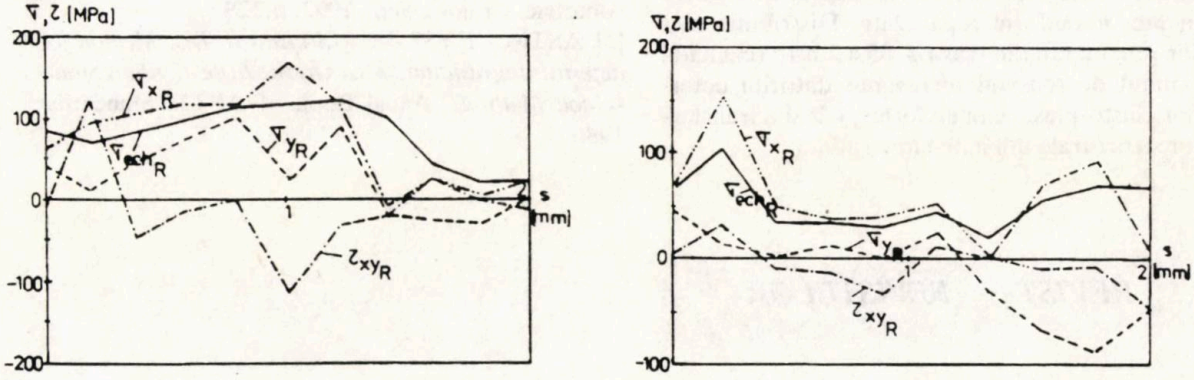


Fig. 4

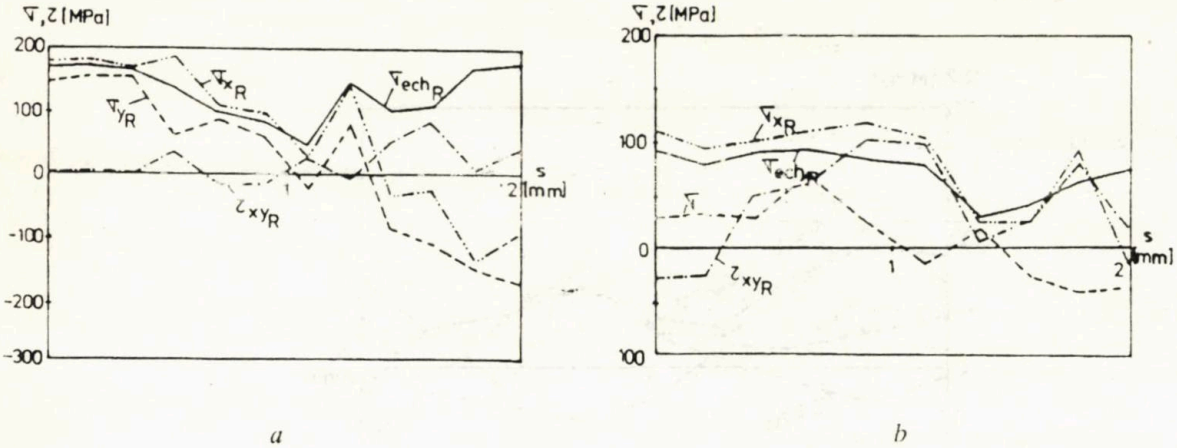
Distributia tensiunilor remanente pe directia grosimii peretelui de teava pentru o banda formata circular (ϕ 39x2 mm) dar nesudata
Residual stress distribution on pipe wall thickness direction for a circular band (ϕ 39 x 2 mm)



a *b*

Fig. 5

Distributia tensiunii remanente pe directia grosimii peretelui de teava (ϕ 38x2 mm): a - în centrul îmbinarii sudate; c - în zona materialului de baza ($\varphi = 90^0$ fata de sudura)
Residual stress distribution on pipe wall thickness (ϕ 38 x 2 mm)



a *b*

Fig. 6

Distributia tensiunilor remanente într-o teava (ϕ 35x2 mm) pe directia grosimii peretelui : a - în centrul îmbinarii sudate; b - în zona materialului de baza ($\varphi = 90^0$ fata de sudura)

Residual stress ditribution on pipe wall thickness (ϕ 35 x 2 mm)

Principalul factor care determina aceste modificari il constituie neuniformitatea deformatiilor elasto-plastice care caracterizeaza aceasta faza tehnologica.

Concluzii

Procesul tehnologic de fabricatie a tevilor sudate longitudinal, prin presiune, este generator de tensiuni remanente, neuniform repartizate. Distributia tensiunilor remanente din teava ϕ 35 x 2 este rezultatul unui cumul de tensiuni remanente datorita deformatiilor elasto-plastice neuniforme, cât si a transformarilor structurale din îmbinarea sudata.

BIBLIOGRAFIE

[1] **Moussy F.** *Physique et mécanique de la mise en forme des metaux*. Press du C.N.R.S. - I.R.S.T.D.

[2] **Dieter E.G.** Metalurgie mecanica, Ed.Tehnica, Bucuresti, 1970

[3] **Bercea M., Gheorghies C., Pânzaru I.** *Consideratii privind tensiunile remanente din tevile sudate longitudinal, electric, prin presiune.* Conf. Nat. de Tensometrie, Craiova, Sept. 1992, p.228

[4] ASTM - E 837 - 85 - *Standard Test Method for determining residual stresses by the hole - Drilling Strain -Gace Method.* Anual Book of ASTM Standards-1986

REVISTA REVISTELOR

REVUE DE METALLURGIE, FRANTA, 1993, Nr. 5

- *Comparatie tehnica între cuptoarele cu arc de curent alternativ si cele cu arc de curent continuu, p. 809*
- *Practica industriala la Vallomec Saint Saulve în privinta bratelor portelectrod din aluminiu, p. 817*
- *Controlul nedistructiv pe linia de fabricatie al totalitatii suprafetelor bramelor de turnare continua, p. 823*
- *Metoda de timp real la un laminor de tabla groasa. Experienta la GTS Industries, p. 829*
- *Controlul tablei subtiri cu unde Lamb, p. 835*
- *Linia de recoacere asincrona la Ugine Guengnon, p. 843*
- *Masurarea continua a temperaturii pe un transportor de sârma laminata, p. 849*
- *Perfectionarea întretinerii conditionale la uzina de la Dunes, p. 855*

REOXIDAREA, FACTOR LIMITA AL CRESTERII PURITATII OTELURILOR

Ing.Csaba Szentgyörgyi - Electroterm S.R.L. Tg.Mures

C.Z.: 669.18

In ultimul deceniu datorita raspândirii si dezvoltarii tehnologiilor de rafinare a otelului în afara agregatului de elaborare si a procedeelor de turnare continua, pe plan mondial s-au atins rezultate importante în domeniul cresterii gardului de puritate a otelurilor. Utilizarea complexa a diferitelor procedee ale rafinarii secundare a creat posibilitatea obtinerii otelurilor cu continuturi foarte scazute de fosfor, sulf, si gaze. Principalul obstacol al atingerii continutului scazut de oxigen este procesul reoxidarii otelului pe parcursul metalurgiei în oala si turnarii continue, fenomen care duce la scaderea eficacitatii proceselor de dezoxidare. O cerinta de baza a obtinerii otelurilor de înalta puritate este deci micsorarea intensitatii sau chiar prevenirea reoxidarii.

Scopul lucrarii este prezentarea rezultatelor cercetarilor recente asupra procesului de reoxidare a otelului pe parcursul rafinarii secundare si turnarii continue. Vor fi analizate sursele reoxidarii, efectul de micsorare a puritatii si principalele metode de prevenire a procesului de reoxidare.

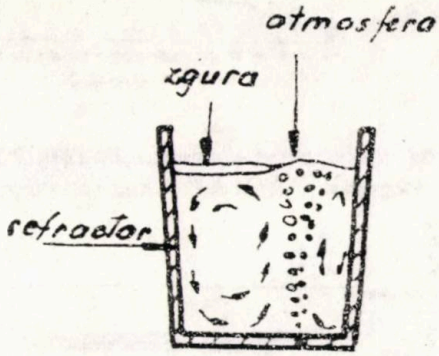
Clasificarea proceselor de reoxidare

Termenul "reoxidare" se refera la cresterea continutului de oxigen a otelului dupa dezoxidare. Oxigenul care produce cresterea rezulta din atmosfera, zgura, captuseala refractara si din teava protectoare utilizata la turnarea continua. Otelul oxidat sau zgura ramasa uneori pe peretele captuselii refractare poate fi de asemenea o sursa de oxigen. Principalii factori care genereaza procesul de reoxidare pe parcursul metalurgiei în oala sunt prezentate în figura 1a, iar pe parcursul turnarii continue în figura 1b [1].

Oxidarea secundara genereaza noi incluziuni, micsoreaza concentratia elementelor care prezinta afinitate mare fata de oxigen, contribuie la cresterea tendintei de astupare a tevii de protectie, scade randamentul desulfurarii si mareste vâscozitatea aparenta a otelului. Din cele de mai sus rezulta necesitatea excluderii contactului între otel, si fazele cu potential de oxigen ridicat.

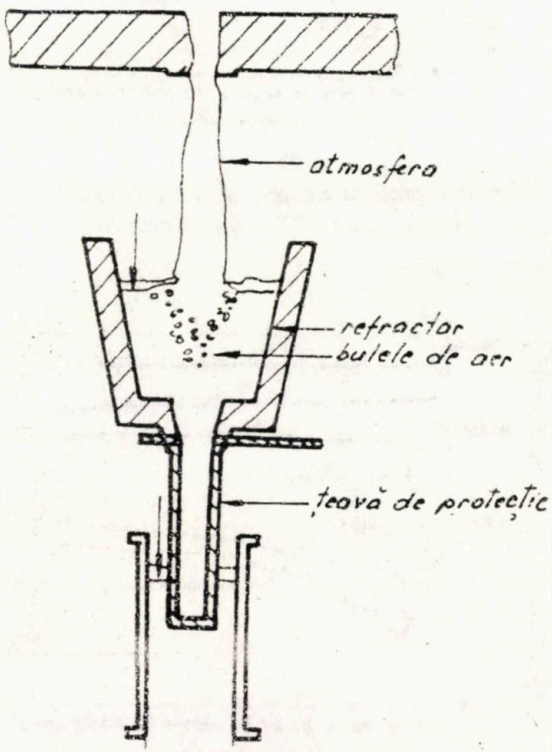
Reoxidarea pe parcursul metalurgiei în oala

Eficienta proceselor de rafinare în oala depinde în mare masura de captuseala refractara utilizata [3].



Ia

Sursele reoxidarii pe parcursul rafinarii în oala
Ladle refining reoxidation sources

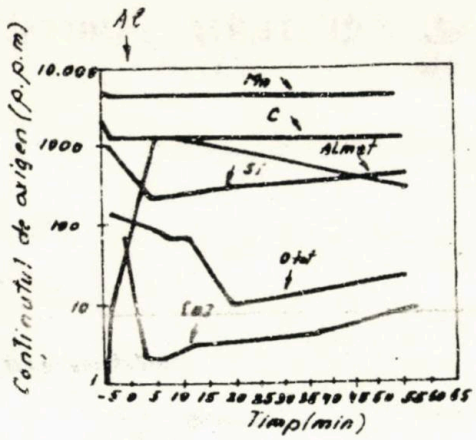


Ib

Sursele reoxidarii pe parcursul turnarii continue
Continuous casting reoxidation sources

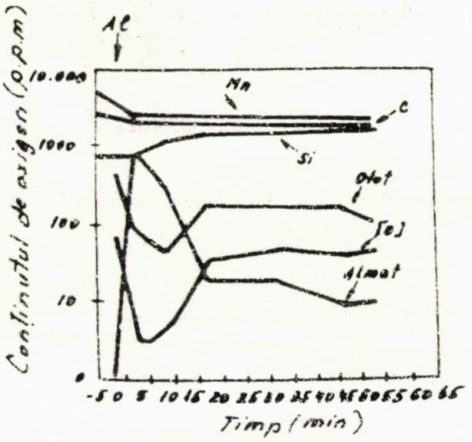
Fig. 1

Principalele surse ale reoxidarii otelului
Main steel reoxidation sources



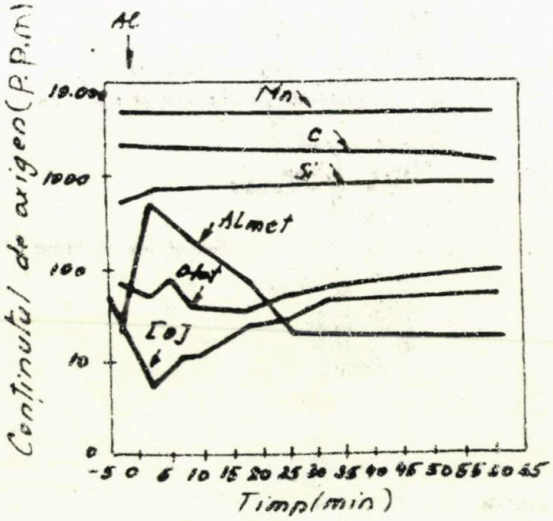
2a

Creuzet confectionat din magnezita (MnO: 80%)
Magnesia (MgO : 80%) made crucible



2b

Creuzet confectionat din silicat (SiO_2:92%)
Silicate (SiO_2: 92%) made crucible



2c

Creuzet confectionat din alumina Al_2O_3 92%
Alumina made crucible

Fig. 2

Efectul reoxidant al captuselilor refractare
Refractory living reoxidation effects

Zidaria refractara poate fi sursa de oxigen [1]. Pentru materialele refractare se solicita stabilitatea chimica mare, si proprietati fizice bune. O solutie corespunzatoare din toate punctele de vedere este greu de obtinut, fiecare material de captuseala refractara este un compromis. Analiza comparativa a materialelor magnezitice, aluminoase, dolomitice si silicatice din punct de vedere a stabilitatii ior, arata ca utilizarea materialelor periclasice ar fi solutia optima.

Oxidul de magneziu, insa prezinta o stabilitate mica fata de aluminiu, si s-a constatat ca pe parcursul tratamentului sub vid oxidul de magneziu este o sursa de oxigen. Aceasta ipoteza a fost emisa în urma observarii evolutiei continutului de oxigen a baii de otel care a crescut la sfârsitul tratamentului sub vid [3].

Efectul reoxidant al captuselii magnezitice este prezentat în figura 2a.

Micsorarea continutului de aluminiu indica desfasurarea reactiei de captuseala. Efectul reoxidant al captuselilor refractare pe baza de silicati respectiv de aluminati este redat în diagramele din figura 2b si 2c [4].

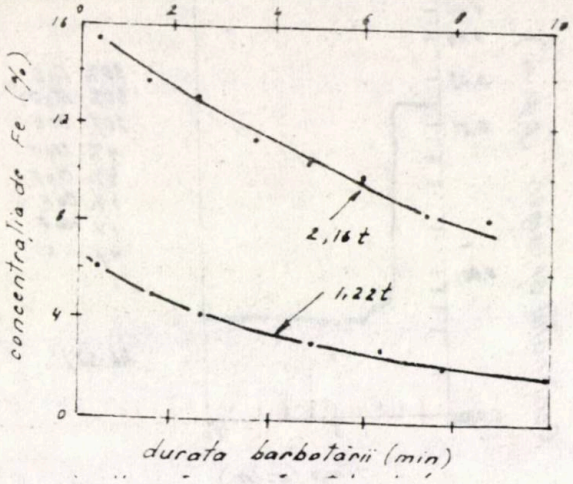
Refractarul acid se dizolva în otel ceea ce evidentiaza si cresterea continutului de siliciu a topiturii. Efectul reoxidant al refractarului pe baza de silicati este semnificativ. Utilizarea captuselii aluminoase ridica probleme la elaborarea otelurilor aliate cu titan.

Pe parcursul evacuarii sarjei o însemnata cantitate de zgura primara poate intra în oala datorita functionarii necorespunzatoare a sistemului de retinere a zgurii. Aceasta poate fi cauza unei serioase reoxidari [5]. Reoxidarea cauzata de zgura devine importanta numai pe parcursul barbotarii otelului cu gaz inert, întrucât aceasta favorizeaza transportul de masa a oxigenului din zgura în baie, fenomenul se accentueaza prin dispersarea zgurii în metal [2]. Intensitatea procesului creste cu cresterea cantitatii de zgura pprimara deversata. Efectul reoxidarii se evidentiaza prin scaderea continuturilor de oxid feros, oxid manganos si pentaoxid de fosfor în timpul barbotarii. In figura 3 sunt prezentate rezultate tipice obtinute pe parcursul barbotarii cu argon a unei sarje de 185 t de otel calmat cu aluminiu.

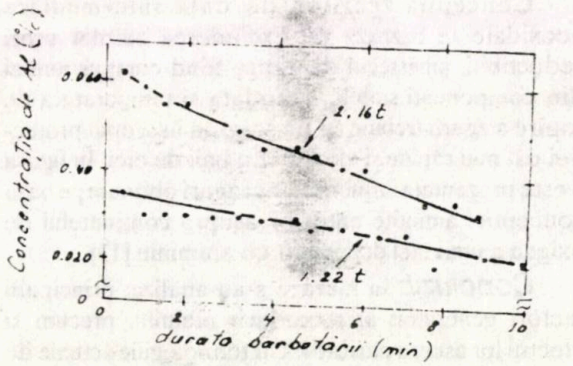
Diagrama 3a reda scaderea continutului de fier a zgurii în functie de durata barbotarii pentru evacuare normala (2, 16 t de zgura) respectiv pentru o evacuare cu retinere de zgura, cantitatea de zgura primara deversata în oala fiind 1,22 t. Variatia corespunzatoare a continutului de aluminiu este prezentata în figura 3b [6]. In scopul micsorarii intensitatii procesului de oxidare secundara ar fi de dorit ca suma oxizilor de fier si de mangan în zgura sa fie sub 1% [2].

Reoxidarea cauzata de atmosfera se poate preveni prin formarea unui strat de zgura cu o grosime corespunzatoare.

In cazul barbotarii intensive, când oala nu este acoperita cu capac, bulele de argon patrund prin

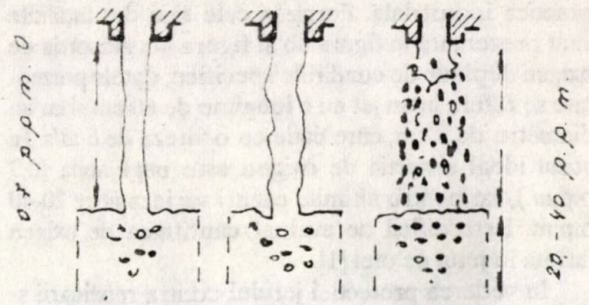


3a
Variatia continutului de fier al zgurii pe parcursul barbotarii cu argon
Slag iron content variation during argon stirring



3b
Variatia continutului de aluminiu a otelului
Al content variation in steel

Fig. 3
Pierderea de aluminiu si reducerea corespunzatoare de fier în timpul barbotarii cu argon
Al loss and corresponding iron reduction during argon stirring

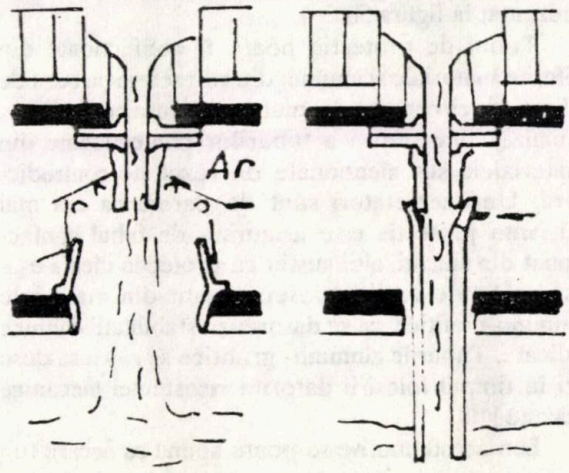


4a Ideal
Ideal

4b Ondulatoriu
Waving

4c Dezintegrat
Disintegrated

Fig. 4
Tipuri de jeturi de otel
Steel jet types



5a Jet înconjurat cu o cortina de gaz
Gas screen protected jet

5b Jet aparat cu tub protector
Protection nozzle

Fig. 5
Metode de protectie a jetului de otel
Steel jet protection procedures

stratul de zgura si intra direct în faza gazoasa. In zona spargerii stratului de zgura se va forma un "ochi" în care otelul intra în contact direct cu atmosfera. Aceasta cauzeaza o reoxidare imediata si directa [2].

Atât sursele reoxidarii cât si efectul procesului asupra variatiei continutului de oxigen au fost studiate de numerosi specialisti, dar în scopul obtinerii unor conceptii cantitative referitoare la dependenta procesului de parametrii tehnologici, sunt necesare cercetari mai ample în domeniu.

Reoxidarea pe parcursul turnarii continue

Pe parcursul turnarii otelului în oala intermediara sau în lingotiera, jetul de otel intra în reactie cu oxigenul atmosferei [7]. Reoxidarea jetului este influentata de caracteristicile geometrice ale acestuia. In figura 4 se prezinta forma celor trei tipuri de jeturi de otel în cursul turnarii.

Forma ideala este redata în figura 4a, însa asemenea tipuri de jeturi sunt dificil de obtinut în practica industriala. Formele cele mai des întâlnite sunt prezentate în figura 4b si figura 4c. Absortia de oxigen depinde de conditiile specifice, datele prezentate se refera la un jet cu o lungime de 60 cm si cu un diametru de 8 cm, care cade cu o viteza de 6 m/s. In cazul ideal absortia de oxigen este neglijabila (0,7 p.p.m.), iar pentru ultimile cazuri variaza între 20-40 p.p.m. Este dificil de evaluat cantitatea de oxigen intrata în jetul de otel [1].

In vederea protectiei jetului contra reoxidarii s-au dezvoltat mai multe metode. Principalele sisteme de protectie sunt prezentate în figura 5.

In primul caz (fig.5a) jetul este înconjurat de o cortina de gaz. Gazul utilizat poate fi argon, azot, sau bioxid de carbon. Inlocuirea argonului cu azot sau cu bioxid de carbon are ca scop cresterea eficacitatii protectiei [8]. S-a constatat ca bioxidul de carbon, datorita densitatii ridicate pare sa asigure cea mai satisfacatoare protectie [9]

Sistemul de aparare cu teava protectoare este prezentat în figura 5b.

Tubul de protectie poate fi confectionat din diferite materiale si anume: din refractare pe baza de silicati, de zircon, sau din materiale alumino-grafitice. Analiza comparativa a tuburilor confectionate din materialele sus mentionate da rezultate contradictorii. Unii cercetatori sunt de parere ca cea mai eficienta protectie este asigurata de tubul confectionat din silicati, altii sustin ca protectia ideala este asigurata de tevile confectionate din materiale alumino-grafitice, ce se datoreaza stabilitatii chimice ridicate. Tuburile alumino- grafitice se rup însa dese ori în timpul folosirii datorita rezistentei mecanice scazute [10].

Din aceste motive se poate spune ca fiecare tub de protectie este un compromis a carui alegere trebuie sa fie în functie de conditiile specifice impuse de utilizare, tinând seama totodata de cerintele de puritate ale otelurilor.

Principala problema care se ridica la utilizarea tevilor protectoare este astuparea acestora pe parcursul turnarii. Fukuda si colaboratorii sai studiind cauzele astuparii tevilor alumino- grafitice au ajuns la concluzia ca fenomenul se datoreaza formarii unui strat de aluminiu pe peretele interior al tubului. Totodata s-a emis o ipoteza asupra formarii retelei de aluminiu la interfata refractar-otel [11].

Pe parcursul turnarii otelului aflat în oala intermediara, datorita vârtejului, aceasta intra în contact cu atmosfera oxidându-se. Reoxidarea se poate preveni prin montarea barajelor de dirijare si prin formarea unui strat protector de zgura cu o grosime corespunzatoare, aceasta însa poate sa fie si o sursa de reoxidare, daca stabilitatea chimica nu este corespunzatoare [12]. Efectul reoxidarii asupra puritatii otelului consta în formarea macro-

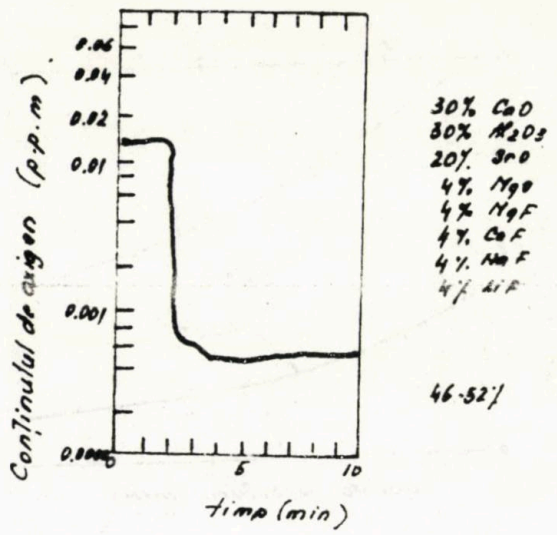


Fig. 6
Testul de reoxidare a zgurii de protectie
Protection slag reoxidation test

incluziunilor pe suprafata bramei, acestea la rândul lor generând defecte de suprafata.

Conceptia zgurilor de oala intermediara neoxidate se bazeaza pe excluderea oxizilor usori reductibili, amestecul de zgura fiind compus numai din componenti stabili. Totodata si temperatura de topire a zgurii trebuie sa fie scazuta în scopul protectiei cât mai rapide si eficiente a baii de otel. In figura 6 este prezentata influenta unei zguri obtinute pe baza conceptiei amintite anterior asupra continutului de oxigen a unui otel dezoxidat cu aluminiu [13].

Concluzii: In lucrare s-au analizat principalii factori generatori ai reoxidarii otelului, precum si efectul lor asupra puritatii. Cu tehnologiile actuale de rafinare secundara si de turnare pot fi obtinute oteluri cu puritate ridicata, dar prin prevenirea procesului de reoxidare devine posibil obtinerea otelurilor ultrapure, cu caracteristici mecanice superioare. Pentru aceasta însa sunt necesare cercetari mai ample privind cresterea stabilitatii chimice si mecanice a refractarelor, cresterea eficacitatii de protectie a diferitelor metode de protectie a jetului de otel. De asemenea este necesara perfectionarea sistemelor de retinere a zgurii.

BIBLIOGRAFIE

[1] **Schwerdtfeger K**: *Present state of oxygen control in aluminum deoxidized steel. In: Arch. Eisenhüttenwesens nr.3, 1983*

[2] **Lange K**: *Thermodynamic and cinetic aspects of secondary steelmaking processes.* In: International Materials Reviews nr.2, 1988

[3] **Löscher W.** s.a.: *Reoxidation of Al-killed steels by MgO containing basic refractories.* In: Scnainject 1992

[4] **Härki J.**: *Reoxidation caused by refractory materials.* In: Scandinavian Journal of Metallurgy nr.19, 1990
[5] **Holappa L.**: *Clean steel: Theoretical considerations and practical approaches.* In: Proceeding of the sixth international iron and steel congress, 1990, Nagoya, ISIJ
[6] **Pluschkell W.**: *Kinetics of aluminum oxidation during stirring treatment.* In: Arch. Eisenhüttenwesens nr.3,1981
[7] **Brabie V.**: *Study on the reoxidation of liquid steel during teeming and its contribution to inclusion formation in liquid steel.* In: Scandinavian Journal of Metallurgy nr.5,1976
[8] **Vonesh F.**: *Inert gas shrouding of molten metal streams.* In: Iron and Steel Engineer, Iulie, 1987
[9] **Anderson S.**: *Cost and quality effectiveness of CO_2 in steelmills.* In Electric Furnace Conference Proceedings, 1989, Atlanta
[10] **Nahlik F.**: *Effect of 85 percent ladle to tundish shrouding at inland's No.1 slab casters on slab and cold rolled steel quality.* In: Electric Furnace Conference Proceeding 1989, Atlanda
[11] **Fukuda Y.** s.a: *Mechanism of Al-deposition on aluminum- graphite immersion nozzle in continuous caster.* In: ISIJ nr.1,1992
[12] **Skorczylas A.**: *Characterization of the chemical interactions during the casting of high Ti low carbon enameling steels.* In: Steelmaking Conference Proceedings, 1992
[13] **Janke D.**: *Experiments on the development of non oxidizing fluxes for continuous steel casting.* In: Steel Research nr.9, 1991

REVISTA REVISTELOR

STEEL TIMES INCORPORATING IRON & STEEL, ANGLIA, 1993, VOL.221, Nr.6

- Distributia mai buna a temperaturii într-un laminor de benzi la cald cu ecrane termice, p.249
- Detector de metale calde cu fibre optice pentru localizarea precisa a produselor, p.250
- Modernizarea laminorului de benzi la cald de 1450 mm de la Pan Zhi Hua, p.252
- Cilindrii cu convexitate variabila continua (CVC) asigura tolerante înalte benzilor la cald, p.255
- Economisirea de energie la laminoarele cu trei cilindri pentru sârma si bare, p.256
- Urmarirea cu precizie a pozitiei benzii, p.260
- Masurarea suprafetei texturate a cilindrului, p.261
- Controlul numeric mareste productivitatea laminorului. Laminarea otelului de calitate ridicata, p.263
- Conditiile de lucru mai bune pot constitui o investitie profitabila, p.264
- Renovarea unui reductor în timp scurt la British Steel, p.266
- Economisirea energiei în cuptoarele de reîncalzire cu trecere continua, p.267
- Presarea tablei prevopsite pentru panouri auto, p.268
- Câteva zile bune si câteva saptamâni proaste în functionarea calitatii totale, p.270
- Instalatie de desulfurare cu oala cu injectie simultana la uzina Tecside, p.272

IMONO, JAPONIA, 1993, Nr.4

- Caracteristicile umplerii cu metal topit pe timpul turnarii sub presiune redusa în matrita metalica, p.277
- Absorbtia de gaze si îndepartarea gazelor din piesele turnate din bronz de Al, p.284
- Modurile de aplicare a vibratiilor ultrasonore la metalul topit si efectul lor asupra structurilor de solidificare, p.288
- Rezistenta la oboseala a aliajelor Zn7-10Al - xCu, p.294
- Rolul calciului în mecanismul de modificare a fontei de turnatorie, p.300
- Prelucrabilitatea mecanica a fontei de turnatorie cu continut ridicat de Cr, p.306
- Analiza procesului de îmbinare si a efectului aplicarii prin pulverizare termica a insertiilor tip teava din otel în fonta turnata, p.312
- Procesul de îmbinare prin brazare cu cupru a fontei cu continut ridicat de Cr cu otelul moale, p.319

ASPECTE CANTITATIVE ALE CINETICII GLOBALE LA CARBURAREA ÎN MEDII CONTROLATE. INFLUENTA PARAMETRILOR TEMPORALI

Dr.ing.Toma Vasile, sef lucrari, Universitatea "Politehnica" Bucuresti

C.Z.: 621.785

Aspectele dependentei cineticii globale (grosimea stratului) la carburarea în medii controlate de diferiti factori a constituit obiectul multor cercetari stiintifice [1,2,3]. Metodica studierii dependentei de diferiti parametri (temporali, termici etc.) a grosimii stratului carburat, prezentata sistematic în lucrarea [2] presupune determinarea experimentala a grosimii stratului carburat în diferite conditii de timp, temperatura, potential de carbon etc. Determinarile se fac succesiv la o serie de experimentari, numai unul din parametrii de care depinde grosimea, fiind variabil. De exemplu o prima serie de determinari se fac la diferite durate de carburare (deci timpul τ este variabil) mentinând temperatura si potentialul de carbon constante. In continuare determinarile pot fi continuate variind alti parametrii (temperatura, potentialul de carbon) mentinând restul parametrilor constanti s.a.m.d. Procedând astfel pentru grosimea stratului carburat se vor obtine valori diferite, dependente de factorii mentionati anterior. In aceasta lucrare se studiaza numai influenta parametrilor temporali.

Aceasta dependenta poate fi exprimata prin relatia:

$$S = f(\tau)_{T,\pi_c} = ct \qquad (1)$$

Tabelul 1

Dependenta grosimii S, a stratului carburat de potentialul de carbon, temperatura si de durata de carburare
Carburized layer thickness depending on carbon potential, temperature and carburizing time

Potential de C, %	Temperatura, K (°C)											
	1123 K (850°C)				1198 K (925°C)				1273 K (1000°C)			
	Durata, ore											
	2	4	6	8	2	4	6	8	2	4	6	8
	Grosimea stratului, mm											
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
OLC 15 (a)												
0,8	0,34	0,48	0,59	0,69	0,50	0,71	0,87	1,01	0,72	1,02	1,23	1,45
1,0	0,38	0,54	0,65	0,70	0,57	0,80	0,98	1,14	0,80	1,14	1,38	1,62
1,2	0,44	0,62	0,74	0,88	0,64	0,91	1,10	1,27	0,86	1,25	1,52	1,77
15 Cr 08 (b)												
0,8	0,29	0,41	0,50	0,58	0,44	0,62	0,77	0,87	0,64	0,90	1,11	1,29
1,0	0,33	0,47	0,51	0,66	0,55	0,71	0,86	1,01	0,73	1,03	1,27	1,45
1,2	0,38	0,53	0,66	0,75	0,56	0,79	0,97	1,12	0,80	1,13	1,39	1,59
21 MoMnCr (c)												
0,8	0,27	0,38	0,47	0,54	0,41	0,58	0,71	0,82	0,58	0,82	1,00	1,16
1,0	0,30	0,42	0,52	0,59	0,46	0,65	0,79	0,92	0,68	0,96	1,18	1,36
1,2	0,34	0,48	0,59	0,68	0,51	0,72	0,88	1,02	0,76	1,08	1,31	1,53

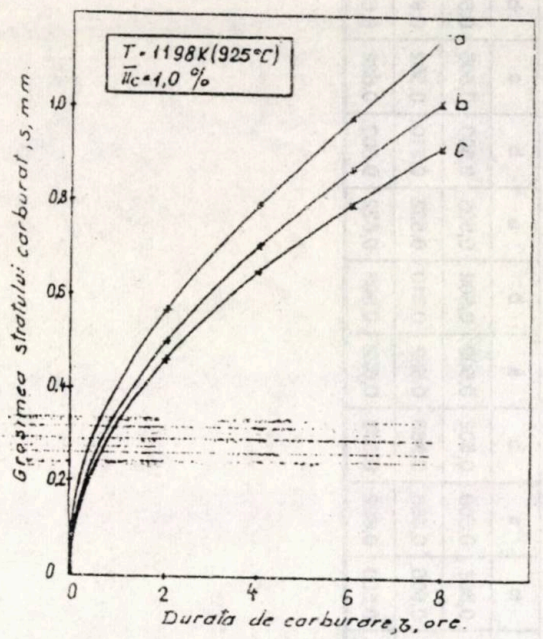


Fig. 1

Dependenta grosimii S, a stratului carburat de durata: a: - OLC15; b - 15 Cr08; c = 21 MoMnCr 12
Carburized layer thickness depending on time for: a - OLC 15 steel grade; b - 15Cr08 steel grade; c - 21 MoMnCr12 steel grade

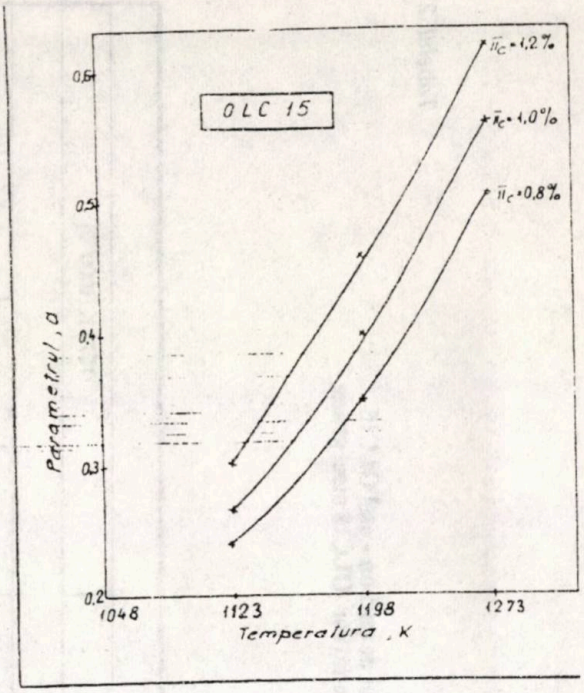


Fig. 2

Dependenta parametrului a de temperatura
Parameter a depending on temperature

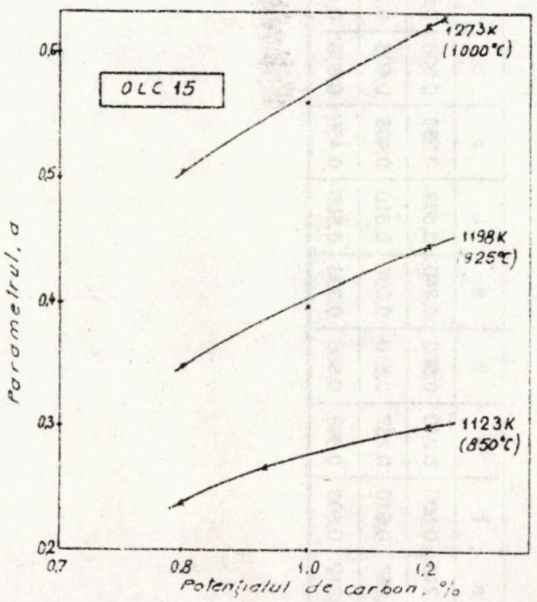


Fig. 3

Dependenta parametrului a de potentialul de carbon
Parameter a depending on carbon potential

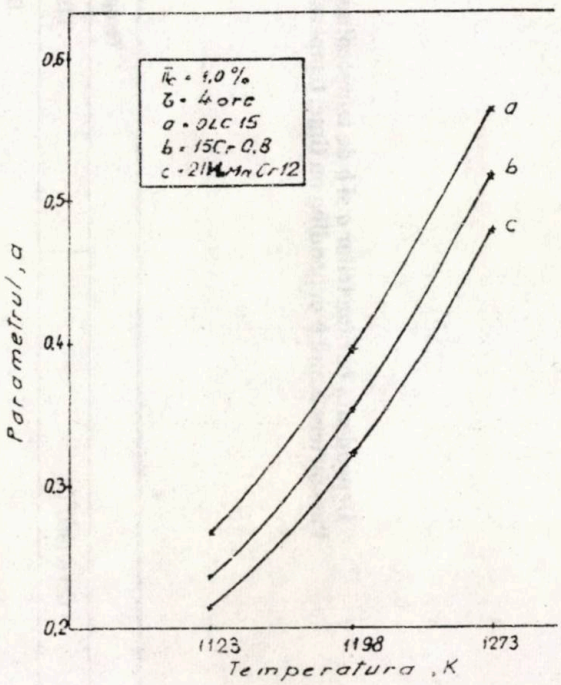


Fig. 4

Influenta compozitiei chimice a otelului asupra parametrului
Steel chemical analysis influence on parameter a

Tabelul 2

Dependenta parametrilor *a* si *b* de temperatura, durata si potentialul de carbon - otel OLC15
Parameters *a* and *b* depending on time, temperature and carbon potential for OLC15 steel grade

Potential de carbon, %	Temperatura K (^{0}C)																							
	1123 K (850^{0}C)								1198 K (925^{0}C)								1273 K (1000^{0}C)							
	Durata, ore																							
	2		4		6		8		2		4		6		8		2		4		6		8	
	Parametrii a si b																							
	a	b	a	b	a	b	a	b	a	b	a	b	a	b	a	b	a	b	a	b	a	b	a	b
0,8	0,240	0,500	0,240	0,500	0,240	0,503	0,240	0,503	0,353	0,506	0,353	0,506	0,353	0,503	0,353	0,503	0,509	0,502	0,509	0,502	0,505	0,508	0,505	0,508
1,0	0,267	0,511	0,267	0,510	0,267	0,510	0,267	0,510	0,408	0,503	0,399	0,503	0,399	0,506	0,399	0,506	0,565	0,506	0,562	0,510	0,562	0,510	0,562	0,510
1,2	0,302	0,503	0,312	0,506	0,308	0,506	0,308	0,506	0,456	0,500	0,456	0,500	0,456	0,500	0,456	0,503	0,622	0,503	0,622	0,503	0,622	0,503	0,622	0,503

Tabelul 3

Dependenta parametrilor *a* si *b* de temperatura, durata si potentialul de carbon - otel 15Cr08
Parameters *a* and *b* depending on time, temperature and carbon potential for 15Cr08 steel grade

Potential de carbon, %	Temperatura K (°C)																							
	1123 K (850°C)								1198 K (925°C)								1273 K (1000°C)							
	Durata, ore																							
	2		4		6		8		2		4		6		8		2		4		6		8	
	Parametrii a si b																							
	a	b	a	b	a	b	a	b	a	b	a	b	a	b	a	b	a	b	a	b	a	b	a	b
0,8	0,205	0,500	0,205	0,500	0,205	0,500	0,205	0,500	0,312	0,500	0,315	0,500	0,315	0,500	0,315	0,500	0,456	0,503	0,456	0,500	0,456	0,500	0,456	0,500
1,0	0,235	0,503	0,235	0,503	0,235	0,503	0,235	0,503	0,354	0,506	0,354	0,506	0,354	0,506	0,354	0,506	0,519	0,506	0,519	0,506	0,519	0,506	0,519	0,506
1,2	0,269	0,500	0,266	0,500	0,266	0,500	0,266	0,500	0,396	0,500	0,396	0,500	0,396	0,500	0,396	0,500	0,569	0,500	0,569	0,506	0,596	0,503	0,569	0,503

Tabelul 4

Dependenta parametrilor *a* si *b* de temperatura, durata si potentialul de carbon - otel 21 Mo Mn Cr 12
Parameters *a* and *b* depending on time, temperature and carbon potential for 21MoMnCr 12 steel grade

Potential de carbon, %	Temperatura K (°C)																							
	1123 K (850°C)								1198 K (925°C)								1273 K (1000°C)							
	Durata, ore																							
	2		4		6		8		2		4		6		8		2		4		6		8	
	Parametrii a si b																							
	a	b	a	b	a	b	a	b	a	b	a	b	a	b	a	b	a	b	a	b	a	b	a	b
0,8	0,192	0,500	0,192	0,503	0,192	0,500	0,192	0,500	0,290	0,503	0,290	0,500	0,290	0,500	0,290	0,500	0,411	0,500	0,411	0,500	0,411	0,500	0,411	0,500
1,0	0,212	0,503	0,212	0,506	0,212	0,503	0,212	0,503	0,325	0,500	0,325	0,500	0,325	0,500	0,325	0,500	0,481	0,500	0,481	0,500	0,481	0,500	0,481	0,500
1,2	0,240	0,500	0,240	0,500	0,240	0,506	0,240	0,506	0,240	0,503	0,361	0,500	0,361	0,500	0,136	0,500	0,536	0,506	0,536	0,506	0,536	0,506	0,536	0,506

Materialul si metodica de cercetare

Pentru a studia influenta parametrilor temporali asupra cineticii globale a carburarii în medii controlate, s-au efectuat experimentari, pe probe specifice, de carburare în atmosfera endo cu 3% CH_4 adaos, într-o instalatie IPSEN.

Probele au fost executate din trei oteluri pentru cementare, OLC15, 15Cr08, 21MoMnCr12. Experimentarile, precum si rezultatele acestora, s-au efectuat la parametrii prezentati în tabelul 1.

Rezultatele experimentarilor

Potrivit rezultatelor din tabelul 1, dependenta grosimii stratului, S, de timpul τ este reprezentata în figura 1. Pe baza unei oarecare experiente se poate presupune ca astfel de curbe pot fi exprimate matematic printr-o relatie de forma:

$$S = a\tau^{b} \qquad (2)$$

unde: a si b sunt doua constante

Aceasta ipoteza este verificata experimental prin logaritmarea relatiei:

$$\lg S = \lg a + b \lg \tau \qquad (3)$$

Procedând astfel s-a obtinut în toate cazurile o dependenta liniara între lgS si lgτ , fapt care confirma, în acest mod, justetea acestei ipoteze si permite sa se determine constantele a si b. Astfel pentru cele trei oteluri analizate, valorile calculate ale acestor constante sunt prezentate în tabelele 2,3 si 4.

Din aceste tabele rezulta, în primul rând, faptul ca parametrul b are pentru toate compozitiile, temperaturile, duratele si potentialele de carbon folosite o valoare foarte apropiata de 0,5. Aceasta constatare este confirmata de concluzia rezultata pe cale analitica.

Intr-adevar tinând seama de prima lege a difuziei, rezulta ca între distanta de difuzie si timpul de difuzie τ , exista relatia:

$$x = a\tau^{0,5} \qquad (4)$$

Admitând deci pentru b valoarea 0,5 relatiile (2) si (4) sunt identice. Dar relatia (4) a fost determinata în ipoteza ca C_{ech} a fost mentinut constant în tot timpul difuziei. Deci b = 0,5 corespunde acestui caz, iar în alte cazuri, daca C_{ech} nu este constant, admitând alte valori la C_{ech} variabil, b poate primi valori între 0,5 si 1. Ca urmare forma cea mai generala a ecuatiei care exprima dependenta grosimii a stratului carburat de durata de carburare τ este data de relatia (2).

Deoarece în determinarile efectuate în prezenta lucrare C_{ech} a fost mentinut în general constant, a rezultat pentru parametrul b valori egale cu aproximativ 0,5. Unele abateri de la valoarea 0,5 sunt determinate fie de eventualele variatii ale concentratiei de echilibru Cech, fie de unele erori de determinare.

Considerând valorile parametrului, a, determinate experimental (tabelele 2,3 si 4) s-a reprezentat grafic dependenta acestui parametru de temperatura (fig.2), de potentialul de carbon (fig.3) si de influenta compozitiei chimice a otelului (fig.4).

De asemenea, din tabelele 2,3 si 4, cât si din figurile 2,3 si 4 se constata clar ca parametrul *a* nu depinde de durata procesului de carburare.

CONCLUZII

Determinarile efectuate au scos în evidenta ca, potrivit relatiei (2), caracterizarea cantitativa a influentei duratei de carburare asupra grosimii S a stratului carburat se face cu ajutorul parametrului a (pentru C_{ech} = constant, b = 0,5) care este influentat direct de temperatura, potentialul de carbon si de compozitia materialului metalic.

BIBLIOGRAFIE

[1] **Toma Vasile:** Teza de doctorat, 1992, Bucuresti

[2] **Kistal M.A.**: *Mehanism difuzii a jeleznih splaroh.* In : Metalutghïia, U.R.S.S., 1972

[3] **Koslovoskii I.S., Kalinin A.T.**, s.a: Metal SCI Heat Treat., 1967, nr.3, p.157

[4] **Dawson W.W., Sale R.F.**: In Metall Trans.,1980, vol.11, p.1849

[5] **Jogender S., Mazunnder:** In: Metall. Trans., vol.18A, nr.2, 1987

[6] **Nen R.W., Heeseyin S.:** In: Metall. Trans., vol.22A, nr.7, 1991

COMPUNEREA INCARCATURII METALICE LA UTILIZAREA DESEURILOR PENTRU ELABORAREA ALIAJELOR NEFEROASE SECUNDARE

Dr.ing. Petru Moldovan, profesor
dr.ing. Ion Chira, conferentiar
ing. Mihaela Pana **Universitatea "Politehnica" Bucuresti**
ing. Ioan Marginean, sef de lucrari

C.Z.: 669.2.8.018

In mod obisnuit încarcatura metalica utilizata pentru elaborarea aliajelor neferoase secundare destinate pentru turnare, contin pe lânga materialele noi si anumite proportii de deseuri, colectari de materiale si recirculate (retele de turnare si maselote, rebut, scurgeri, cruste si scoarte de la elaborare si turnare) (tab.1); în ultimul timp însa, pe considerente economice, aceste deseuri sunt utilizate la elaborarea în proportii mai ridicate, ceea ce duce la necesitatea realizarii de procese specifice de prelucrare metalurgica a topiturilor respective.

Elaborarea se realizeaza în cuptoare electrice sau cu flacara, în raport de tipul si marca aliajului.

Topirea deseurilor din aluminiu se realizeaza în cuptoare cu creuzet (stationare si rotative) sau cuptoare de mare capacitate cu reverberatie (cu flacara), prevazute cu antecreuzet; topitura se recircula din cuptor în antecreuzet cu ajutorul unor pompe, pentru a se scurta timpul de elaborare (deseurile se încarca în antecreuzet).

Topirea deseurilor în cuptoare electrice se poate face fara fondanti de protectie.

Deseurile curate, fara impuritati daunatoare (de exemplu fier) se pot utiliza direct în incarcatura de elaborare a aliajelor secundare, fara a fi necesara o topire prealabila a lor.

Topirea deseurilor din cupru se realizeaza în cuptoare electrice cu inductie, cuptoare rotative cu flacara sau cuptoare cu creuzet cu flacara.

In toate cazurile se impune calculul retetei de încarcare, o evaluare cât mai corecta a pierderilor nerecuperabile prin oxidare-vaporizare (tab.2).

Conditiile concrete de elaborare (randamentul termic al agregatului de elaborare, eficienta operatiilor de rafinare, finetea operatiilor de control a calitatii topiturii si efectuarea corectiilor de compozitie chimica) impun ca la marimile initiale ale arderilor considerate, pe baza compozitiilor chimice reale si ale unui sumar calcul statistic sa se efectueze ajustarile necesare.

Tabelul 1

Retete de încarcaturi metalice folosite la elaborarea aliajelor neferoase
Metal charge recipes used in making non - ferrous alloys

Nr. crt	Destinatia aliajului		Componente, %			
			Metale primare	Aliaje primare	Pre-aliaje	Deseuri
1	Aliaje turnate	Lingouri	5 - 15	10 - 20	5 - 25	10 - 50
		Piese turnate obisnuite	1- - 30	15 - 40	10 - 30	10 - 30
		Piese turnate speciale	20 - 40	20 - 50	20 - 30	5 - 15
2	Aliaje deformabile		50 - 60	10 - 25	0 - 30	0 - 10
3	Piese pentru aeronautica		95 - 100	0 - 5	0 - 5	-
4	Piese pentru electronica si electrotehnica		85 - 95	0 - 5	0 - 5	-
5	Piese pentru bunuri de larg consum		10 - 30	25 - 50	10 - 20	10 - 40

Pierderile prin ardere, la materialul marunt, pot ajunge la 30- 40%; micsorarea acestora se obtine prin topirea sub strat de flux de protectie si topirea în baia metalica.

Utilizarea fluxurilor duce la scaderea pierderilor de metale pâna la 12-20%; consumul de fluxuri la topirea în cuptoare cu creuzet este de 8-10%, iar la topirea în cuptoarele cu flacara este de 10-12% din masa încarcaturii.

Deseurile si colectarile de metale si aliaje neferoase utilizate la elaborarea aliajelor neferoase secundare au o serie de caracteristici fizico-chimico mecanice care sunt succint trecute în revista în

Tabelul 2

Oxidarea elementelor la elaborarea aliajelor neferoase din deseuri, %
Oxidation of elements during non - ferrous alloy making of waste

Nr. crt.	Elementul considerat	Agregatul de elaborare		Aliaje la care pierderile sunt maxime
		Cuptor cu creuzet	Cuptor cu vatra	
1	Al	2 - 3	3 - 5	Al, Cu, Ni
2	Mg	2 - 10	2 - 20	Cu
3	Cu	1,0 - 1,5	1,5 - 3,0	Cu
4	Ni	1,0 - 1,5		Pierderi scazute indiferent de aliaj
5	Si, Mn	2 - 3		Cu
6	Be	5 - 10		Al, Mg
7	Ti	2 - 5		Al, Cu
8	Zn	1 - 5		Cu
9	Sn, Pb	1 - 2	1 - 3	Pierderi constante
10	Cd, P	30 - 50	30 - 70	Cu

tabelul 3, dupa reglementarile standardului românesc din domeniu STAS 3017-78.

Operatiile de pregatire din baza de sarjare constau în separarea impuritatilor (în general operatii de curatire) si optimizarea dimensiunilor materialelor vechi, în raport cu caracteristicile constructive ale agregatului de elaborare si particularitatile procesului propriu-zis de topire adpotat.

Deseurile sub forma de piese casate se supun dezmembrarii cu utilaje specializate (foarfece, perforator pentru extragerea elementelor feroase); sortarea se poate face manual pe mese sau benzi de sortare.

Deseurile marunte (strunjituri, pilitura) se supun centrifugarii pentru a se separa de picaturile de lichide (apa, emulsii, ulei), apoi se usuca la 350^{0}C în uscatoare tambur sau de tip camera.

Eliminarea impuritatilor si murdariilor produse în deseuri se realizeaza prin:

- **a** - *încalzirea cu flacara pentru eliminarea apei si hidrocarburilor, arderea grasimilor si în special a uleiurilor si vaselinelor minerale prezente de la prelucrarile mecanice si eliminarea substantelor organice inflamabile;*

Tabelul 3

Tipuri de aliaje neferoase provenite din colectari, deseuri (STAS 3017 - 88)
Non - ferrous alloy types made of waste

Grupa si sortimentul	Simbol	Starea
Materiale secundare si deseuri de Cupru	Cu/B - 1 Cu/B - 2 Cu/B - 3	Bucati
	Cu/b - 1 Cu/b - 2 Cu/b - 3	Aschii
	Cu/Ox - 1	Oxizi, zguri
	Cu/C - 1	Catozi
Materiale secundare si deseuri din Alame	CuZn/B - 1 CuZn/B - 2 CuZn/B - 3 CuZn/B - 4 CuZn/B - 5 CuZn/B - 6	Bucati
	CuZn/S - 1 CuZn/S - 2 CuZn/S - 3	Aschii
Materiale si deseuri de Cupru - Staniu (Bronzuri cu Staniu)	CuSn/B - 1 CuSn/B - 2 CuSn/B - 3 CuSn/B - 4	Bucati
	CuSn/S - 1 CuSn/S - 2 CuSn/S - 3 CuSn/S - 4	Aschii
Materiale si deseuri de Cupru - Aluminiu	CuAl/B - 1 CuAl/B - 2	Bucati
	CuAl/S - 1 CuAl/S - 2 CuAl/S - 3	Aschii
Materiale si deseuri de Cupru - Nichel - Zinc	CuNiZn/B - 1 CuNiZn/B - 2	Bucati
	CuNiZn/S - 1 CuNiZn/S - 2	Aschii
Materiale secundare si deseuri din aliaje de aluminiu	Al/B - 1 ...Al/B - 6 A Al/B - 1 ...A Al/B - 12	Bucati
	Al/S - 1 A Al/S - 1...A Al/S - 8	Aschii
	A Al/Ox - 1 A Al/Ox - 2	Oxizi, cenusi, zguri
Materiale si aliaje secundare, deseuri de zinc si aliaje de zinc	Zn/B - 1 Zn/B - 2 Zn/b - 3	Bucati
	Zn/S - 1	Aschii de zinc
	Zn/Ox - 1...Zn/Ox - 8	Oxizi, cenusi, zguri
Materiale secundare si deseuri de plumb	Pb/B - 1...Pb/B - 8	Bucati
	Pb/Ox - 1...Pb/Ox - 5	Oxizi de plumb
Materiale secundare si deseuri de staniu	Sn/B - 1...Sn/B- 6	Bucati
	Sn/Ox - 1	Oxizi de staniu

¤ **b** - *preîncalzirea si calcinarea pentru distrugerea substantelor nemetalice (vopsele, emailuri, componente din bachelita, textolit sau cauciuc) si topirea - vaporizarea elementelor daunatoare cu puncte scazute de topire (T_{top} Bi = 271°C, T_{top} Cd = 321°C, T_{top} Pb = 327°C);*

¤ **c** - *separarea magnetica pentru diminuarea resturilor feroase.*

Optimizarea si egalizarea dimensiunilor deseurilor se realizeaza fie în scopul micsorarii acestora (prin taiere, zdrobire, concasare, sfarâmare, debitare, garnulare), fie în special pentru marirea acestora, în cazul spanului, pulberilor si granulelor (prin balotare, brichetare, peletizare, sinterizare sau aglomerare).

Deseurile usoare curate (sutaje, strunjituri, stantatura, straifuri de tabla) sunt balotate cu ajutorul preselor, pachetele respective, (legate cu sârma sau banda metalica) având dimensiunile in raport de tipul agregatului de elaborare.

Deseurile grele (capete de profile, tevi, profile, produse plate) se pot utiliza ca atare, dupa obtinerea unei bai in agregatul de elaborare, de ordinul a cca.1/3 din capacitatea acestuia.

Strunjitura marunta si cu diverse proveniente este pregatita prin tocare si apoi brichetare; folosirea acestora se face în special la cuptoarele cu inductie mari, la frecventa retelei, care asigura scufundarea rapida în baie a acestor materiale marunte, prin micsorarea convectiva specifica.

Concomitent se asigura o rafinare prin decantarea incluziunilor solide, gazoase, a nitrurilor sau hidrurilor si inlaturarea lor odata cu evacuarea zgurii negre de topire.

La elaborarea aliajelor secundare din deseuri trebuie sa se acorde o importanta deosebita rafinarii si degazarii topiturii metalice, întrucât deseurile contin o cantitate mare de impuritati nemetalice si oxidice.

Pentru aliajele pe baza de aluminiu fluxurile de protectie la topire sunt realizate din sistemele:

I - 39% NaCl + 50% KCl + 6,6%3NaF• AlF_3 + + 4,4% CaF_2;

II - 50% NaCl + 35% KCl + 15% 3NaF• AlF_3

III - 40% NaCl + 50% KCl + 10% NaF

La început în cuptor se încarca o parte din flux, deseurile mari si circa 10-20% (din masa încarcaturii) deseuri marunte; dupa topirea acestora se ridica temperatura la 720-740°C si se introduc în portii restul de deseuri marunte (brichetate), amestecându-se continuu baia metalica pentru dizolvarea fiecarei portii. Pe masura topirii deseurilor marunte se adauga continuu noi cantitati de flux pentru a se acoperi complet baia metalica. Dupa topirea deseurilor, zgura de topire se îngroasa prin adaos de fluorina (CaF_2) si se evacueaza. Se rafineaza, eventual cu evacuarea intermediara a zgurilor de proces pe baza de fondant - flux.

In cazul aliajelor pe baza de cupru rafinarea pentru eliminarea fierului si a stibiului se realizeaza prin introducerea în topitura a unui amestec de K_2SO_4 (sau $BaSO_4$) si Na_2CO_3, în raport 1 : 1.

Indepartarea aluminiului se efectueaza cu un amestec compus din parti egale ZnO si borax.

Degazarea se realizeaza cu gaze inerte (N_2 sau Ar), care se insufla în baia metalica la presiunea de 0,25 - 0,5 at., timp de 5 - 10 min.

Sortarea în baza de sarjare capata o importanta deosebita în cazul utilizarii deseurilor, fiind unul din factorii care conditioneaza calitatea aliajului elaborat. Sortarea vizuala, si dupa provenienta, au un caracter limitat; aspectul specific al deseurilor neferoase (culoare, luciu, aspectul casurii, densitatea) se impune a fi completat cu analize de compozitie chimica, simple si rapide, dar cu o precizie suficienta.

O larga raspândire au cunoscut metodele de analiza chimica "în picaturi" si cele spectrale, care îmbina satisfacator rapiditatea de executie, simplitatea aparaturii, si reactiilor chimice cu gradul de acuratete necesar analizei calitative respective.

Analiza chimica calitativa în picaturi se realizeaza prin intermediul ionilor metalici continuti în solutii (azotati, cloruri si sulfati), care pot fi indentificati fie **direct** (fara separari prealabile) fie **sistematic**; identificarea acestor ioni se bazeaza pe aceleasi procedee de precipitare, filtrare si spalare, care se aplica si în analiza calitativa obisnuita, cu urmatoarele particularitati:

» reactiile de identificare sunt caracteristice, precise si sensibile, fie sub forma petelor colorate pe hârtie de filtru, fie sub forma precipitatelor pe sticle de ceas;

» timpul necesar pentru o analiza în picaturi este de 3....10 ori mai scurt decât cel necesar pentru o analiza clasica în eprubeta; fiecare reactie directa de identificare necesita în medie 1....2 min.;

» aparatura necesara este simpla: capilare si vergele de sticla, sticle de ceas, placi de porteian si benzi de hârtie de filtru;

» consumul de reactivi chimici de circa 30....40 ori mai redus decât la analizele calitative obisnuite, ceea ce permite si folosirea unor reactivi de calitate superioara, scumpi, altfel n- ar fi utilizati;

» volumul redus al întregii truse pentru analiza în picaturi permite folosirea eficienta a acesteia în laboratoarele mobile din bazele de sarjare ale marilor turnatorii.

Analiza directa tipica presupune identificarea fiecarui ion în prezenta altor ioni fara îndepartarea prealabila a acestora din solutie sau dupa o singura precipitare si filtrare, fara a mai fi nevoie de spalare. Prin urmare analiza directa da posibilitatea de a identifica ionii continuti în solutie în orice ordine si permite folosirea unei singure precipitari si filtrari în raport cu ionul care se identifica si absenta unei spalari, care necesita cea mai mare parte din timpul cerut de o analiza.

Mersul unei **analize sistematice** presupune identificarea succesiva a cationilor într-o ordine definita, prin reactii corespunzatoare, dupa îndepartarea totala din solutie, de obicei sub forma unor precipitate, a cationilor care impedica recunoasterea cationilor neidentificati înca, dar a caror existenta în solutie se presupune. În analiza sistematica, volumul solutiei de cercetat creste treptat din cauza adaugarii solutiilor diferitilor reactivi, ceea ce duce la miscorarea sensibilitatii reactiilor si la marirea solubilitatii precipitatelor formate; pentru evitarea acestor deficiente se practica evaporarea solutiilor la volum mic, evaporarea la sec si calcinarea (tab.4).

Analiza spectrala se realizeaza cu spectrometre de emisie optica portabile, dotate cu microprocesoare; un astfel de sistem este format dintr-un spectrometru (care functioneaza în aer cu retea de difractie concava, cu distanta focala de ordinul a 0,5 m), o sursa de excitatie sub forma unui pistol portabil de scânteiere, care contine contraelectrodul (din Ag sau Al spectral: scânteia unidirectionala de joasa tensiune se realizeaza între piesa analizata si contraelectrodul respectiv), sistemul de transmitere a luminii produsa de scânteie la spectrometru (în general cablu cu fibre optice cu lungimea între 3 si 15 m), blocuri electrice de amplificare, masurare, înregistrare si microprocesorul care realizeaza procesarea spectrului respectiv. Analiza spectrala are urmatoarele particularitati si avantaje:

- *viteza mare de analiza, respectiv generarea spectrului cca. 15 sec. evaluarea si afisarea rezultatelor ~ 10 sec.;*

Tabelul 4

Reactiile si identificarea ionilor metalelor neferoase prin analiza în picaturi
The reaction and non - ferrous metal ions identification by drop analysis

Nr. crt.	ionul	Reactia de identificare	Caracteristicile precipitatului
0	1	2	3
1	Al^{3+}	Hidroxid de aluminiu + sol. alcoolica de alizarina + vap. de amoniac	Pe fond violet apare o pata roz - rosiatica
		Ferocianura de aluminiu	Solubila în apa; restul ferocianurilor sunt insolubile si diferit colorate
		$Al(NO_3)_3 + 3NH_4OH = Al(OH)_3 + 3NH_4NO_3$	Precipita hidrolitul de aluminiu
		Sol. cu ioni de Al^{3+} cu sol. alcoolica de morin	Fluorescenta caracteristica
2	Zn^{2+}	$ZnCl_2 + 2\,NaOH = Zn(OH)_2 + 2NaCl$	Precipitat alb de hidroxizi alcalini
		$Zn^{2+} + 6NH_3 = [Zn(NH_3)_6]^{2+}$	Precipitat alb de hidroxid de zinc
		$ZnCl_2 + Na_2S = ZnS + 2NaCl$	Precipitat alb
		$3ZnCl_2 + 2K_4[Fe(CN)_6 = K_2Zn_3[Fe(CN)_6] = K_2Zn_3[\,Fe(CN)_6\,]_2 + KCl$	Precipitat alb
3	Mn^{2+}	$MnCl_2 + 2NH_4OH = 2NH_4Cl + Mn(OH)_2$	Precipitat de hidroxid manganos
		$Mn_2+ + 2Ag1+ + 6OH\text{-}1 = MnO_3{}^{2-} + 2Ag + 3H_2O$	Produsul de reducere (argintul metalic)este de culoare neagra intens
		$2Mn(OH)_2 + 1/2\,O_2 + H_2O = 2Mn(OH)_3$ + sol. de benzidina	Colorare în albastru intens

Tabelul 4 (continuare)

Reactiile si identificarea ionilor metalelor neferoase prin analiza în picaturi
The reaction and non - ferrous metal ions identification by drop analysis

Nr. crt.	ionul	Reactia de identificare	Caracteristicile precipitatului
0	1	2	3
4	Cu^{2+}	$2Cu^{2+} + 4CN^{1-} = 2CuCN + (CN)_2$ + sol. benzidina în mediu alcalin	Coloratie albastra intensa
		$Cu(NO_3)_2 + 2\,KSCN = Cu(SCN)_2 + 2KNO_3$ sau $Cu^{2+} + 2SCN^{1-} = Cu(SCN)_2$	Precipitat negru de tiocianat cupric
		$Cu(NO_3)_2 + 4NH_3 = [Cu(NH_3)_4 \bullet (NO_3)_2$	Precipitat albastru usor solubil în exces de reactiv
5	Sb^{3+}	$2SbCl_3 + 3Na_2S = Sb_2S_3 + 6NaCl$	Precipita sulfura de stibiu , de culoare portocalie
		$2SbCl_3 + 3Mg = 3MgCl_2 + 2Sb$	Fulgi negri de stibiu metalic
		$SbO_2^{1-} + Hg^{2+} + 2OH^{1-} = SbO_3 + Hg + H_2O$	Precipitat negru de mercur metalic
6	Sn^{2+}	$SnCl_2 + 2HgCl_2 = SnCl_4 + Hg_2Cl_2$	Precipitat alb de calomel
		$SnCl_2 + HgCl_2 = SnCl_4 + Hg$	La exces de $SnCl_2$ apare mercur metalic negru
		$2Fe^{3+} + Sn^{2+} = 2Fe^{2+} + Sn^{4+}$ $3Fe^{2+} + 2[Fe(CN)_6]^{3-} = Fe_3[Fe(CN)_6]_2$	Apare albastrul lui Turnbull
7	Pb^{2+}	$Pb(NO_3)_2 + Na_2O_2 = 2NaNO_3 + PbO_2$	Brun închis
		$Pb(NO_3)_2 + H_2SO_4 = PbSO_4 + 2HNO_3$	Precipitat alb insolubil în apa
		$Pb(NO_3)_2 + Na_2S = PbS + 2NaNO_3$ $Pb^{2+} + S^{2-} = PbS$	Precipitat negru insolubil în exces de reactiv
		$Pb(NO_3)_2 + 3KJ = PbKJ_2 + 2KNO_3$	Precipitat galben de iodura de plumb
		$Pb(NO_3)_2 + K_2CrO_4 = PbCrO_4 + 2KNO_3$	Precipitat galben de cromat de plumb $PbCrO_4$

- *detectarea simultana, într-o singura operatie, a 20...70 elemente, care cuprind toate metalele neferoase uzuale;*
- *detectarea simultana a concentratiilor mici (urmelor, cu limite de detectie LD de ordinul ppm) pentru majoritatea elementelor si concentratiilor medii si mari a multor elemente, cu o precizie satisfacatoare în cazul feroaliajelor sau superaliajelor (pentru concentratii de peste 15% sunt utilizate cu precadere spectrometrele cu fluorescenta de raze X). In aceste cazuri spectroscopia de emisie optica OES se realizeaza cu tehnici complementare ca de exemplu prescâteierea cu energie înalta - PSEI (Nigh Energy Prespark = NEPS, respectiv folosirea prescânteierii cu energie mare de descarcare si masurarea intensitatii în timpul descarcarii de energie medie) sau lampa de descarcare luminoasa - GDL (de exemplu, constructia tip GRIMM) unde datorita densitatii joase a plasmei, autoabsortia este mica, putându-se deci determina concentratii mari de elemente, în atmosfera de gaz inert - argon).*

Pistolul portabil si spectrometrul mobil, dupa generarea- detectia-procesarea spectrului, fac posibile raportarea rezultatelor analizei, prin intermediul unor module electronice specifice, în regimuri de:

- "**acceptare-eliminare**", *în cazul compararii rezultatelor analitice cu concentratia limita a unei probe de referinta; în acest fel proba analizata care nu se încadreaza într-un anumit domeniu impus de programator pentru un anume element chimic nu se accepta;*

- **"sortare-aliaje"**, *care permite operatii de identificare a unor capacitati tipice prin compararea concentratiei a sase elemente din masa analizata cu pâna la 100 de compozitii de referinta introduse în memoria microprocesorului; când microprocesorul identifica proba analizata cu unul dintre marcile de aliaj din memorie, aparatul semnaleaza operatorului acceptarea bucatii respective de material în timpul sarjarii;*

- **"profil-rapid"**, *continutul unui anumit element, într-o serie de probe presupuse a avea o aceeasi provenienta;*

- **"cantitativ"**, *pentru probele care nu se pot sorta prin metodele mentionate; se realizeaza o analiza spectrala propriu-zisa, de pâna la 20 elemente chimice si se încadreaza apoi în unul din regimurile de sortare descris.*

Dupa cum este cunoscut spectrul de emisie al unui atom se obtine prin excitarea lui în stare de vapori cu ajutorul sursei de energie, în cazul de fata - arcul electric; atomul excitat emite o radiatie monocromatica, care formeaza pe spectru o linie spectrala specifica.

Analiza spectrala, cantitativa, utilizeaza dependenta intensitatii liniei spectrale I de continutul elementelor în proba C, dupa relatia:

$$I = a \cdot C^b, \quad (1)$$

sau

$$\lg I = B \cdot \lg C + \lg a,$$

unde a si b sunt constante dependente de natura si concentratia elementului analizat din proba respectiva.

Se pot enumera constructiile cele mai utilizate de spectrometre mobile; tip SPECTROTEST - firma SPECTRO din Germania, model ARL Q-3600 Baird - Sprectomobile din Franta tip Spectro si Leybold Heraeus Q-500 din Germania; în tabelul 5 sunt indicate liniile spectrale, domeniile de concentratie (în cazul descarcarilor tip scânteie) si limitele de detectie (în cazul descarcarilor tip arc, pentru analiza de urme) ale elementelor importante în aliajele pe baza de Al, Cu si Ni.

Dupa topire analiza chimica a baii se realizeaza rapid, iar spectral prin intermediul unei epruvete tronconice (ϕ min. 20 mm, ϕ max. 40 mm, H între 30 si 60 mm), turnate în forma metalica masiva din cupru (vopsite la interior cu depunere de negru de fum rezultat din placari oxiacetilenice); epruveta se

Tabelul 5

Elemente specifice la analiza spectrala a aliajelor neferoase, în cazul tehnicii cu prescânteiere cu energie înalta (tip PSEI - NEPS), în atmosfera de atgon . Liniile spectrale, domeniile de concentratie si limitele de detectie (LD) ale unor elemente în câteva tipuri de aliaje
Specific elements in non - ferrous metals alloys spectral analysis with high energy pre - sparking technique (PSEI - NEPS - type) in argon gas

Linia spectrala	Fe - baza, %	Ni - baza, %	Al - baza, %	LD	Cu - baza %	LD
Standard intern A	Fe 2714,4 Fe2730,7	Ni 2437,8	Al 3059,9	ppm	Cu 2961,1	ppm
0	1	2	3	4	5	6
Al 3944,0	0,001 - 15	0,001 - 1,5			0,0005 - 1	1
Al 3082,1	0,01 - 5,0	0,005 - 5,0			0,02 - 10	
As 1890,4	0,002 - 0,1				0,0005 - 0,5	2
As 2349,8			0,001 - 0,1	5	0,002 - 3	
B 1825,9	0,0001 - 0,1	0,0005 - 0,1				
B 2496,7			0,001 - 0,1	1		
Be 3130,4	0,001 - 0,1	0,003 - 0,3	0,0001 - 0,3	1		1
Bi 3067,7	0,0030 - 0,1		0,0005 - 0,3	3		2
C 1930,9	0,005 - 4,5	0,005 - 3				10

Tabelul 5 (continuare)

Elemente specifice la analiza spectrala a aliajelor neferoase, in cazul tehnicii cu prescânteiere cu energie înalta (tip PSEI - NEPS), în atmosfera de atgon . Liniile spectrale, domeniile de concentratie si limitele de detectie (LD) ale unor elemente in câteva tipuri de aliaje
Specific elements in non - ferrous metals alloys spectral analysis with high energy pre - sparking technique (PSEI - NEPS - type) in argon gas

Linia spectrala	Fe - baza, %	Ni - baza, %	Al - baza %	LD	Cu - baza %	LD
Standard intern A	Fe 2714,4 Fe2730,7	Ni 2437,8	Al 3059,9	ppm	Cu 2961,1	ppm
0	1	2	3	4	5	6
Co 2286,1	0,002 - 2,0		0,001 - 0,5		0,0015 - 0,5	5
Co 3405,1		0,002 - 1,0	0,001 - 0,1	2	0,001 - 0,5	3
Co 3518,3	0,5 - 10	0,5 - 10	0,5 - 3			
Cr 2677,1	0,005 - 3,0	0,005 - 3,0	0,001 - 1,5	3	0,005 - 1,5	3
Cr 2989,1	0,5 - 30	0,5 - 25				
Cu 3273,9	0,002 0,5	0,003 - 0,5	0,0005 - 0,5	1		
Cu 2242,6	0,005 - 3		0,05 - 5			
Cu 5105,5			0,15 - 10			
Fe 3719,9		0,002 - 2,0	0,001 - 3	3	0,001 - 1,5	3
Mn 2933,0	0,003 - 3	0,002 - 3	0,001 - 2	3	0,001 - 3	3
Mn 2638,1	1 - 15	1 - 15	0,5 - 12		1 - 10	
Mg 2852,1	0,002 - 0,2	0,002 - 0,3	0,0002 - 0,2	1	0,001 - 0,2	1
Mo 2816,1	0,002 - 3	0,005 - 3				
Nb 3194,9	0,002 - 2	0,005 - 3				
Ni 2316,0	0,003 - 5		0,0015 - 5	2	0,001 - 3	3
Ni 2185,4	0,5 - 30				0,5 - 10	
P 1787,7	0,002 - 2,0	0,005 - 2,0	0,0005 - 0,1	3	0,0005 - 0,5	1
Pb 4057,8	0,003 - 0,3		0,001 - 1,0	3	0,001 - 2,0	5
Pb 2833,0			0,0005 - 2,0	2	0,001 - 2,0	5
S 1807,3	0,002 - 0,5	0,01 - 0,4			0,0005 - 3	1
Si 2881,5	0,003 - 2,0	0,03 - 2,0	0,001 - 3,0	2	0,001 - 1	2
Si 3905,5	1 - 5	1 - 5	1 - 25		1 - 5	
Sn 3175,0	0,01 - 0,5		0,001 - 10	4	0,01 - 15	
Sn 1890,8	0,002 - 0,5	0,003 - 0,5			0,001 - 1	2
Ti 3372,8	0,001 - 1,5	0,002 - 2	0,0005 - 1	1	0,0005 - 0,5	3
v 3110,7	0,002 - 3		0,001 - 0,5			
W 2204,4	0,01 - 10	0,02 - 10				

Tabelul 5 (continuare)

Elemente specifice la analiza spectrala a aliajelor neferoase, in cazul tehnicii cu prescanteiere cu energie inalta (tip PSEI - NEPS), in atmosfera de argon . Liniile spectrale, domeniile de concentratie si limitele de detectie (LD) ale unor elemente in cateva tipuri de aliaje

Specific elements in non - ferrous metals alloys spectral analysis with high energy pre - sparking technique (PSEI - NEPS - type) in argon gas

Linia spectrala	Fe - baza %	Ni - baza, %	Al - baza %	LD	Cu - baza %	LD
Standard intern	Fe 2714.4 Fe 2730.7	Ni 2437,8	Al 3059.9	ppm	Cu 2961.1	ppm
0	1	2	3	4	5	6
Zn 3345.0	0.05 - 0.2		0.001 - 10	5	0.001 - 20	5
Zn 3302,5			0.5 - 10		0.5 - 50	
Zr 3438.2	0.005 - 0.3		0.0005 - 0.5	2		

preseaza sau strunjeste frontal pe o adancime de circa 5 mm si se lustruieste similar cu probele pentru analiza metalografica. Precizia determinarilor este influentata de capacitatea materialului, eventualii pori si discontinuitatile dand erori; ca sursa de lumina se utilizeaza un generator de scantei de inalta tensiune, arcul electric fiind produs de electrozii permanenti din aluminiu de inalta puritate si epruveta respectiva.

Un analizor cromatic cuplat la un calculator face comparatie intre spectrul analizat si spectrele unor etaloane, a caror compozitie a fost anterior determinata chimic, cu grade ridicate de precizie.

REVISTA REVISTELOR

STEEL TIMES INTERNATIONAL, ANGLIA, 1993, VOL.17, Nr.4

- *Sistem de control distributiv pentru laminoarele de produse lungi la cald, p.10*
- *SSAB îmbunatateste controlul cu CVC, p.11*
- *Laminorul dv. este bine acordat?, p.12*
- *Controlul digital mareste productivitatea laminarii, p.13*
- *Oameni si calculatoare - colaborarea pentru planificarea si controlul cu succes al productiei, p.16*
- *Controlul umiditatii în uscatorul de zgura granulata, p.18*
- *Tehnologiile optoelectronica si laser se combina pentru rezolvarea problemelor de calibrare, p.19*
- *Racirea diferentiata a cilindrilor ajuta la controlul laminorului la rece, p.20*
- *Masurarea si controlul diametrului colacului de sârma laminata, p.22*
- *Masurarea exacta a temperaturii cu sisteme de baleiaj liniar în infrarosu, p.25*
- *Probleme economice: durerile tranzitiei pentru siderurgia europeana, p.28*
- *Otelul îndeplineste cerintele constructorilor de automobile, p.30*
- *Satisfacerea cererii nord-americane de sisteme de exponent din inox, p.35*
- *Materialele necesare pentru sistemele de exponent moderne, p.36*
- *Modernizarea laminorului de sârma nr.1 Posco de la Pohang, p.39*
- *Dimensionarea laminorului post finisor asigura avantaje calitative, p.42*

SISTEM DE CLASIFICARE SI APRECIERE A MODELELOR SI METODELOR DE REZOLVARE SPECIFICE ANALIZEI PROCESULUI DE SOLIDIFICARE

Dr.ing. Vasile Filip Soporan, conferentiar, Universitatea Tehnica Cluj Napoca

C.Z.:621.746.01

Introducere

Marea majoritate a metalelor încep viata lor printr-o etapa foarte importanta, aceea a solidificarii. In general, pentru produsele din turnatorie, aceasta etapa da materialului forma si structura sa. Analiza evolutiei temperaturii în punctele unei piese turnate permite obtinerea unui numar mare de informatii, dupa cum urmeaza:

- *Parametrii procesului de solidificare care pot fi calculati direct cu ajutorul câmpului de temperatura, adica: temperatura si fractia solida, timpul de solidificare, viteza de racire, gradientul termic, viteza de avans a izotermelor.*
- *Parametrii microstructurii: spatiul interdendritic, timpul local de solidificare.*
- *Defecte microscopice: noduri termice, macro si microporozitatea, defecte de alimentare.*
- *Determinarea unor parametrii microstructurali prin stabilirea unor functii criteriale semiempirice.*

Modelarea si simularea cu ajutorul calculatorului a proceselor din turnatorie raspunde, conform conceptiei clasice a proiectarii asistate de calculator, ameliorarii calitatii pieselor, reducerii costurilor si a micsorarii timpului de punere la punct a prototipurilor si tehnologiilor. In cadrul analizei preconizate analiza termica furnizeaza date importante în vederea stabilirii tehnologiei sau a reproiectarii piesei turnate.

Clasificarea modelelor si a metodelor de rezolvare a problemelor termice specifice solidificarii aliajelor

Fenomenul de solidificare a pieselor turnate este complex prin multitudinea factorilor care-l influenteaza. Simplificarea acestor factori sau detalierea lor genereaza o multitudine de posibilitati în abordarea modelului procesului de solidificare.

In functie de spatiu asupra caruia se raporteaza procesului de solidificare exista:

- *modele unidimensionale;*
- *modele bidimensionale;*
- *modele tridimensionale.*

In functie de domeniile luate în considerare exista:

- modele cu un singur domeniu (aliaj);
- cu doua domenii (aliaj-forma);
- cu mai multe domenii (aliaj - forma - racitori interiori - racitori exteriori - maselota - maselotiera - racitor în materialul din care este constituita forma - forma constituita din mai multe elemente constitutive).

In functie de modul în care se considera eliberarea caldurii latente de solidificare pot exista urmatoarele:

- modele în care nu se tine seama de eliberarea caldurii latente de solidificare;
- modele în care se tine seama de eliberarea caldurii latente de solidificare, adica:
  - *metoda caldurii specifice echivalente;*
  - *metoda restabilirii temperaturii;*
  - *metoda sursei de caldura;*
  - *metoda variatiei fractiei solide dupa regula pârghiei;*
  - *metoda variatiei fractiei solide dupa modelul Sckeil (1942);*
  - *metoda variatiei fractiei solide dupa modelul Brody, Flemings (1966);*
  - *metoda variatiei fractiei solide dupa modelul Clyne, Kurz (1981).*

In functie de modul în care este considerata variatia caracteristicilor termofizice (caldura specifica, conductivitate termica) vor exista:

- *metoda în care caracteristicile termofizice sunt caracterizate prin valori constante medii;*
- *metode în care caracteristicile termofizice variaza în functie de temperatura dupa anumite reguli.*

In functie de perioada în care începe procesul de transmitere a caldurii vor exista:

» modele în care se considera ca procesul de transmitere a caldurii începe din momentul în care forma este complet umpluta cu aliaj aliaj care se gaseste la temperatura de turnare;

» modele în care procesul de transmitere a caldurii începe din momentul în care aliajul umple cavitatea formei.

In functie de procedeul tehnologic de turnare adoptat pentru realizarea pieselor va exista:

¤ *model al solidificarii în forme clasice pe baza de nisip si argila;*

¤ *model al solidificarii în forma metalica, curgerea aliajului producându-se sub actiunea câmpului gravitational;*

¤ *model al solidificarii în forme metalice sub presiune joasa;*

¤ *model al solidificarii în forme metalice sub presiune înalta;*

¤ *model al solidificarii în cazul retopirii sub strat de zgura;*

¤ *model al solidificarii pieselor turnate centrifugal;*

¤ *model al solidificarii pieselor bimetalice;*

¤ *model al solidificarii pieselor armate;*

¤ *model al solidificarii pieselor turnate prin expulzarea progresiva a aliajului aflat în stare lichida;*

¤ *model al solidificarii pieselor turnate în forme coji realizate cu ajutorul modelelor usor fuzibile;*

¤ *model al solidificarii pieselor turnate în forme coji cu plan de separatie;*

¤ *model al solidificarii în cazul turnarii în forme vidate;*

¤ *model al solidificarii în cazul turnarii în forme rigidizate în câmp magnetic;*

¤ *model al solidificarii în cazul turnarii în forme realizate cu ajutorul modelelor din polistiren;*

¤ *model al solidificarii aliajelor turnate continuu;*

¤ *model al solidificarii aliajelor turnate continuu prin agitarea electromegnetica a baii;*

¤ *model al solidificarii aliajelor în conditii de imponderabilitate;*

¤ *model al solidificarii în cazul obtinerii pulberilor metalice aliate;*

¤ *model al solidificarii topiturilor realizate în microstrat (retopiri laser);*

¤ *model al solidificarilor aliajelor aflate în stare pastoasa.*

In functie de tipul aliajului care se solidifica exista urmatoarea clasificare:

» modelul solidificarii aliajelor hipoeutectice;

» modelul solidificarii aliajelor eutectice;

» modelul solidificarii aliajelor hipereutectice.

Modele tehnologice, care modeleaza procesul de solidificare, sunt o combinatie a celor prezentate în cadrul clasificarilor facuta de autor. In cele ce urmeaza se vor prezenta principalele modele ale procesului de solidificare.

Metodele de rezolvare pot sa fie empirice, analitice, numerice. Dezvoltarea calculatoarelor sta la baza perfectionarii considerabile a metodelor de calcul numeric. Printre metodele cele mai frecvent utilizate se citeaza metoda diferentelor finite, metoda elementelor finite, metoda elementelor de volum, metoda elementelor de frontiera.

Acest sistem de clasificare poate fi în acelasi timp si un sistem de apreciere si analiza a modelelor termice specifice procesului de solidificare.

Consideratii asupra modelarii procesului de solidificare

Schema de principiu a modelului de solidificare luat în considerare la analiza procesului de solidificare este prezentat în figura 1.

Modelul realizat se bazeaza pe urmatoarele elemente: ecuatia **Fourier - Kirchhoff**, conditii la limita de tip **Dirichlet, Cauchy, Neumann,** temperatura de contact la interfata aliaj-forma, eliberarea caldurii latente de solidificare conform caldurii specifice echivalente, variatia caracteristicilor termofizice conform intervalelor de analiza luate în considerare, considerarea temperaturilor initiale a elementelor tehnologice ca temperaturi optime de functionare a ansambului.

Rezolvarea modelului se face prin utilizarea în domeniul bidimensional a elementelor triunghiulare cu variatie liniara a temperaturii. Matricele specifice includ în ele si conditiile la limita specifica modului de realizare a transferului termic.

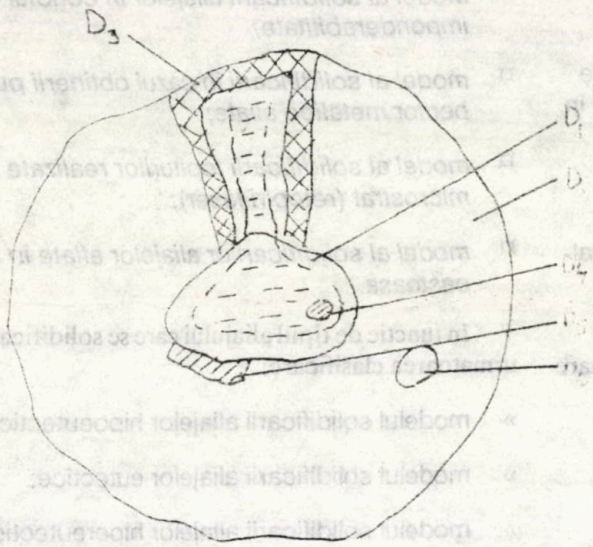


Fig. 1
Schematizarea ansamblului aliaj - elemente tehnologice in solidificare: D1 - piesa turnata; D2 - forma ; D3 -maselota; D4 - racitor interior; D5 - racitor exterior; D6 - racitor in forma; Si - frontiera intre elemente tehnologice
Schematic diagram of the solidification alloys - technologies system: D1 - casting; D2 - mould; D3 - header; D4 - inside chill; D5 - outside chill; D6 - in mould chill; Si - interface between technology elements

Structura programului de calcul cu elemente finite

Modelul procesului de solidificare si modul de rezolvare al acestuia sta la baza unui program de calcul a parametrilor procesului de solidificare.

Modelul este si poate fi utilizat la scara industriala prin intermediul programului de calcul. Programul este o aplicatie AUTO-CAD, limbajul de programare fiind Turbo - C. Programul poate fi rulat pe calculatoare compatibile IMB-AT, de prferinta pe modele cu viteza mare de lucru (AT-80386 sau AT-30486), datorita volumului mare de calcule ce trebuie efectuat.

Pentru realizarea analizei termice cu ajutorul programului sunt necesare urmatoarele etape:

» **Desenarea configuratiei tehnologice** care urmeaza a fi analizata (desenarea se face în sistemul AUTO-CAD, în tridimensional sau în sistemul bidimensional);

» **Discretizarea configuratiei** în elemente triunghiulare cu trei noduri (divizarea frontierelor domeniilor la un pas a carui marime ramâne la latitudinea operatorului, stabilirea punctelor în interiorul domeniilor). Aceasta operatie se realizeaza în varianta punct cu punct sau se realizeaza cu nor de puncte, în care se stabilesc pasii pe directia Ox, Oy, modificarea pozitiei unor puncte pentru a asigura o uniformitate a discretizarii, realizarea triangulatiei.

» **Stabilirea materialelor** pentru sistemul tehnologic care urmeaza a fi analizat (selectarea material pentru piesa, forma, racitor, maselotiera, vopsea refractara). Baza de date cuprinde 30 aliaje de turnatorie, 22 materiale pentru forme, 22 materiale pentru manşoane, 4 materiale pentru racitori, 16 materiale pentru vopsea refractara, 5 materiale pentru maselotiera. Baza de date poate sa fie actualizata cu noi materiale este [illegible] caracteristicilor termofizice.

» **Stabilirea temperaturilor initiale** a domeniilor din care este constituit ansamblul tehnologic (se alege temperatura de turnare, temperatura initiala a elementelor tehnologice, temperatura initiala a mediului exterior).

procesul de solidificare al pieselor turnate.

» **Etapa de precalcul** (se stabilesc coordonatele triunghiurilor, se realizeaza numerotarea locala si globala a nodurilor, se realizeaza numerotarea elementelor, se calculeaza raportul între latura minima si latura maxima a triunghiului analizat, punându-se conditia ca acesta sa fie superior valorii de 0,6).

» **Etapa de calcul** (se calculeaza temperaturile în nodurile discretizarii pentru diferite etape ale procesului analizat, calculul se face dupa urmatoarea metodologie: se calculeaza pasul maxim de timp indicat, se calculeaza matricele K1, K2, K3, K4 în functie de pozitia elementului si caracteristicile termofizice, formarea matricei globale prin trecerea elementelor matriceale elementare în pozitiile date de numerotarea globala si locala în cadrul acesteia , formarea sistemului de ecuatii liniare, calculul temperaturilor nodale la pasul k, k = 1,2,3.... n si reluarea calculelor pentru pasul k + 1, k = 1,2,3...,n.

» **Etapa de vizualizare a rezultatelor** are loc prin afisarea numerotarii nodurilor, afisarea temperaturilor în nodurile discretizarii la un anumit pas, reprezentarea printr-o legenda de culori a câmpului de temperaturi la diferiti pasi de timp, reprezentarea variatiei în timp a curbei izolichidus.

» **Modelul si programul de calcul** nu este legat de o anumita geometrie, sau de un

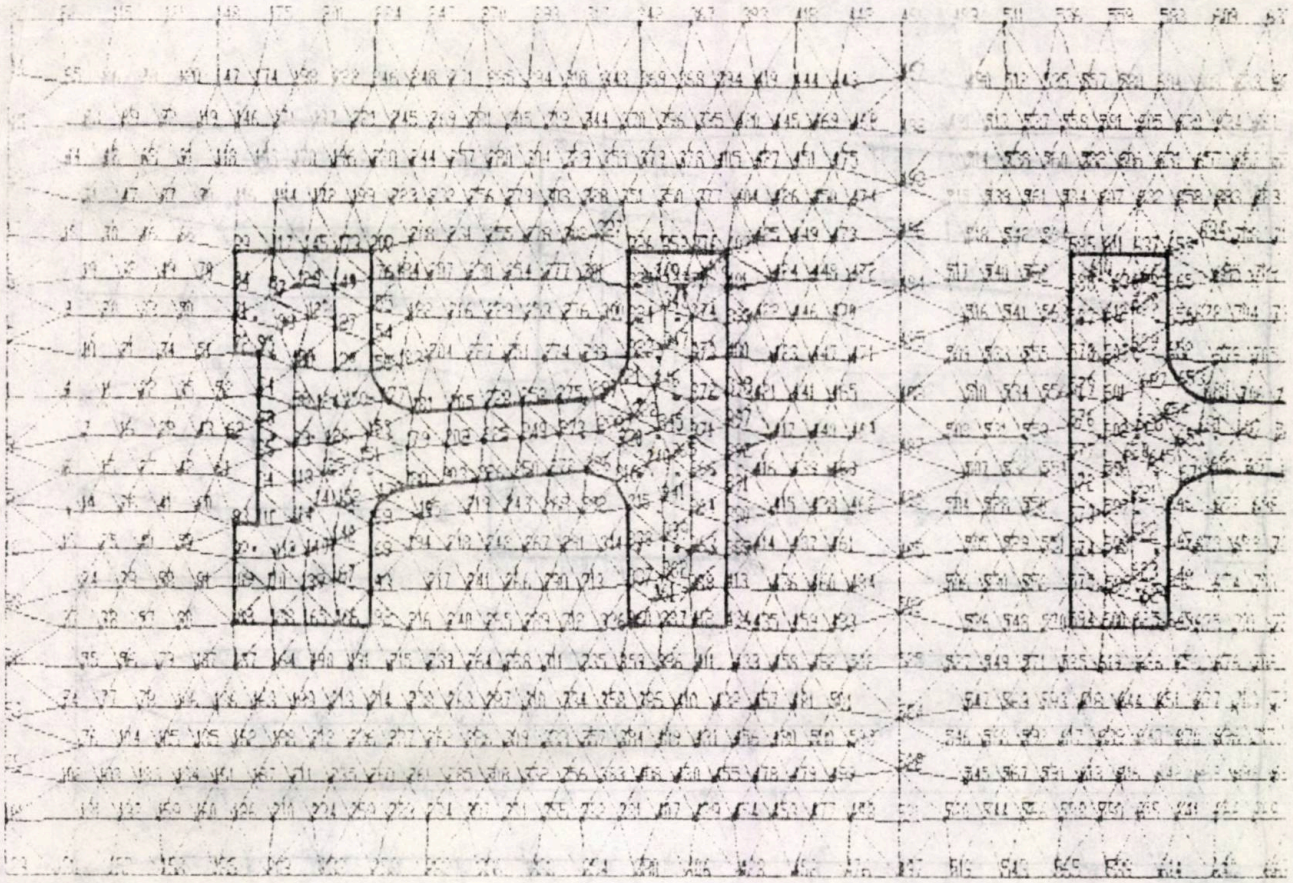


Fig. 2

Discretizarea facuta fn sistemul aliaj - forma
Detailig of alloy - mould system

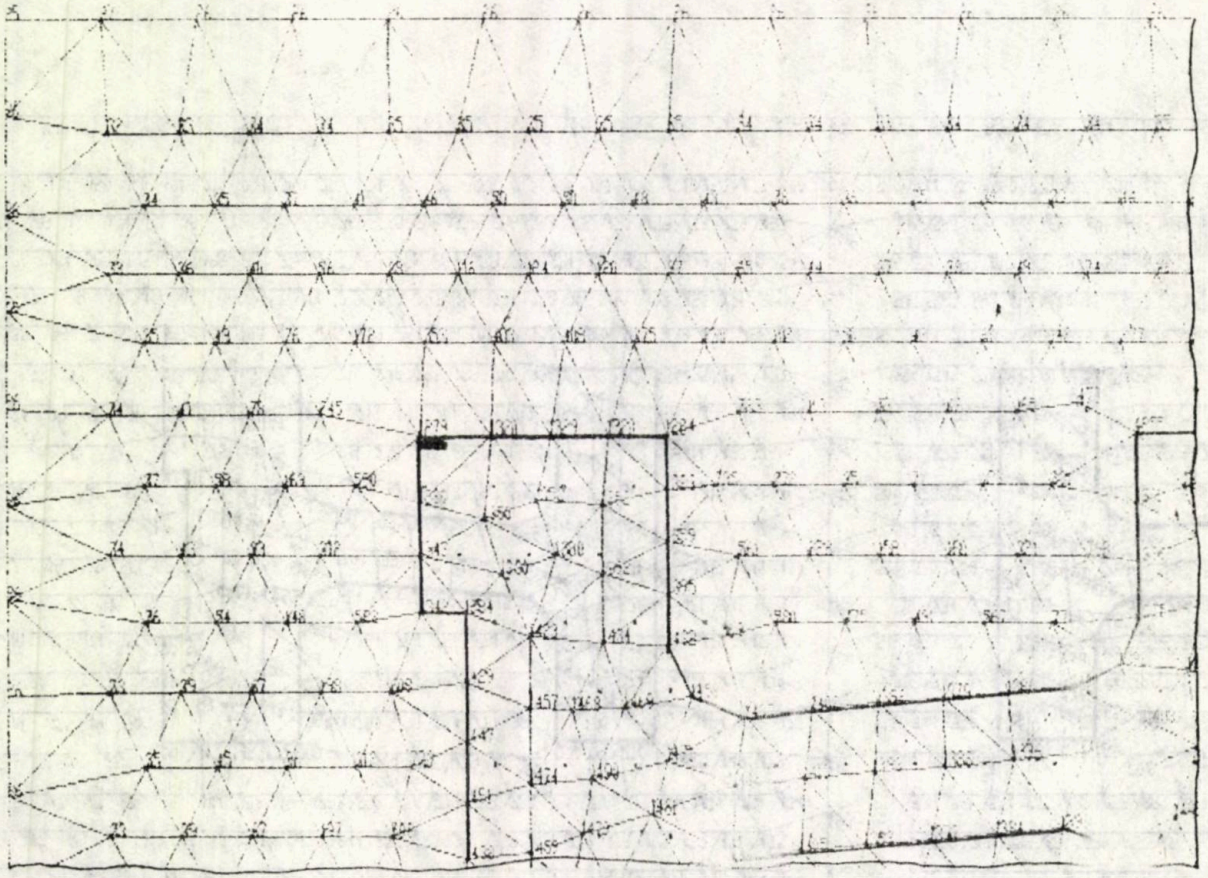


Fig. 3

Reprezentarea temperaturilor nodale
Nodal temperatures

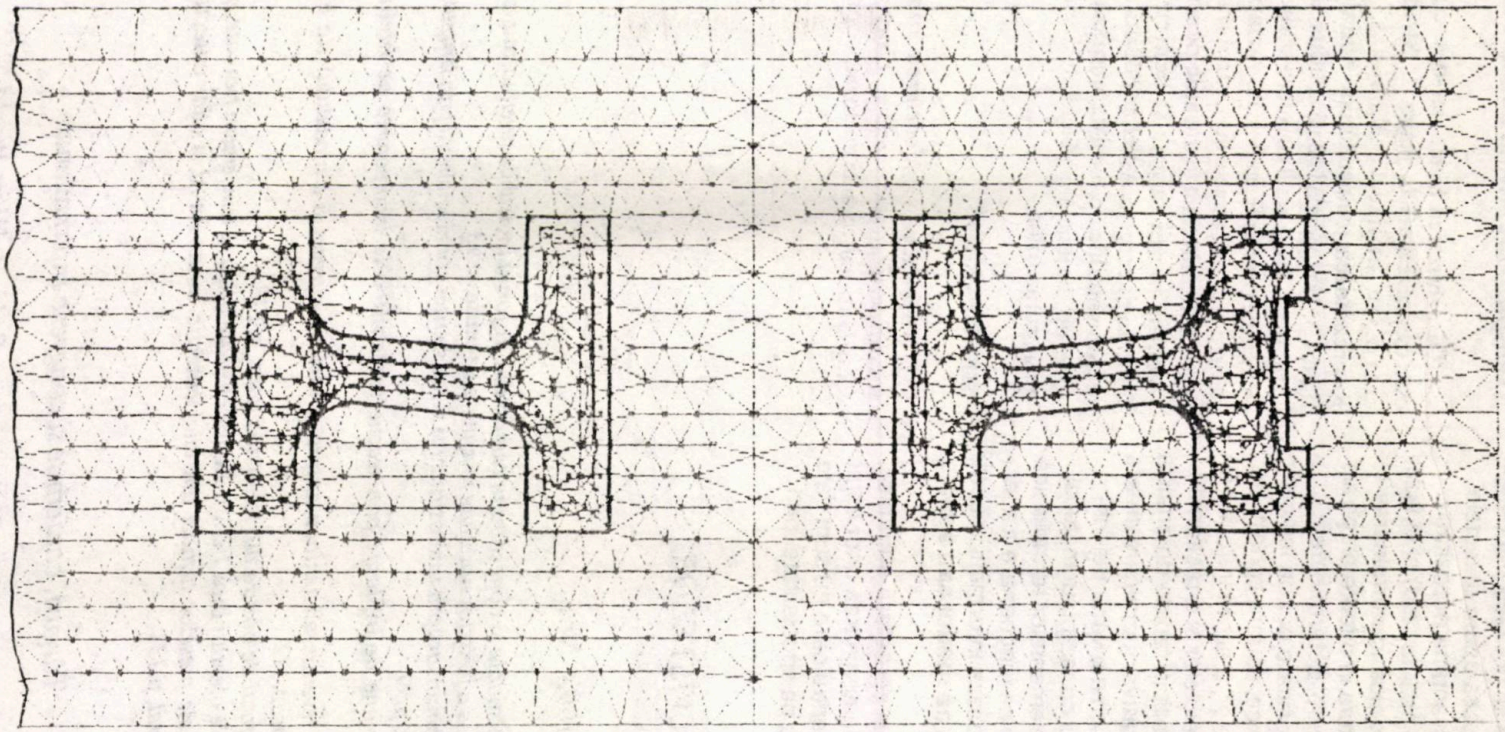


Fig. 4

Reprezentarea izotermelor la temperatura solidus în piesa turnata
Solidus isotherms in a casting

anumit cuplu de materiale. Realizarea constructiei geometrice necesita cunostinte AUTO-CAD. Utilizarea programului de calcul nu necesita cunostinte speciale de programare. Programul este foarte util **în faza de proiectare a pieselor turnate** (analizele termice care se pot face pot determina zonele în care pot sa apara defectele specifice de turnare, si anume porozitatile, retasurile, fisurile care apar la cald) si în **faza de proiectare tehnologica** (determinarea câmpului de temperatura în diferite etape ale procesului de solidificare, determinarea zonelor de ultima solidificare pot da indicatii asupra nodurilor termice, asupra zonelor de amplasare a maselotelor, a alimentatorilor si asupra eficientei maselotelor si a racitorilor). Programul ofera posibilitati rapide de **analiza tehnologica comparativa**, lucru care creaza conditii de alegere optima a variantei tehnologice sub aspectul consumului material, alegerii materialelor elementelor tehnologice, a temperaturii optime de functionare a acestora. Programul furnizeaza informatii asupra **proiectarii garniturii de model sau a formelor metalice.**

Din punct de vedere al **cercetarii stiintifice**, el poate fi utilizat la determinarea unor caracteristici termofizice pentru care nu sunt date suficiente în literatura de specialitate, prin utilizarea drumului invers.

Din punct de vedere **didactic**, programul este util pentru vizualizarea unor fenomene care au loc în practica turnarii, care cu greu ar putea fi determinate pe alta cale.

Exemplificari privind utilizarea programului

Discretizarea facuta într-o sectiune aliaj-forma este reprezentata în figura 2. Modalitatea de discretizare utilizeaza elemente triunghiulare. Reprezntarea temperaturilor nodale este facuta în figura 3. Izotermele la linia solidus sunt reprezentate în figura 4. Programul mai ofera si alte posibilitati care în enumerare ar fi: curbele de variatie a temperaturii pentru diferite puncte din cadrul discretizarii. Informatiile primite sunt foarte utile pentru a verifica constructia piesei turnate si pentru stabilirea unei tehnologii corecte. Astfel, se pot determina zonele de ultima solidificare, locul de amplasare a maselotelor, zona de actiune a maselotelor, zonele de formare a microretasurilor.

BIBLIOGRAFIE

[1] Soporan, V., *Modelarea macrostructurala a solidificarii pieselor turnate*, Universitatea Tehnica Cluj-Napoca, teza de doctorat, septembrie 1993.

REVISTA REVISTELOR

IMONO, JAPONIA, 1993, Nr.2

- *Relatia dintre pozitia interstitiala si concentratia carbonului în fonta maleabila revenita austenitic, p.87*
- *Prelucrabilitatea mecanica a fontelor nodulare revenite austenitic, p.93*
- *Efectul conditiilor de îmbinare asupra microstructurii si rezistentei zonei îmbinarii prin brazare cu cupru a fontei maleabile cu otelul moale, p.99*
- *Coborârea presiunii minime de infiltrare prin reactie exotermica la încorporarea de metal topit si particule ceramice, p.106*
- *Influenta conditiilor de revenire austenitica asupra limitei de curgere si a modulului de elasticitate al fontei nodulare revenite austenitic, p.112*
- *Formarea grafitului în stratul de bonura din fonta nodulara, p.118*
- *Proprietatile mecanice ale otelului inox Fe-Mn-Al de densitate mica la temperaturi ridicate, p.125*
- *Proprietatile mecanice ale pieselor turnate din aliaj eutectic binar Zn-Al si aliaj eutectic tertiar Zn-Al-Cu solidificate monodirectional, p.131*

Târguri, conferinte si congrese internationale

6 - 9 martie 1995 Philadelphia, S. U. A. "Wire World '95"

Tel. +44 (0) 92334137
Fax + 44 (0) 926314755 (Anglia)

INFLUENTA POROZITATII CARBUNILOR ASUPRA REACTIILOR DE OXIDARE ALE ANOZILOR FOLOSITI LA FABRICAREA ALUMINIULUI

Dr.chim. Ioan Galasiu si dr.chim. Rodica Galasiu

C.Z.: 669.7.71

Introducere

Anozii folositi în celulele Hall - Héroult de fabricare a aluminiului sunt consumati printr-o varietate de reactii electrochimice, chimice, procese fizice si mecanice, incluzând oxidarea în interiorul anodului prin reactia cu CO_2. Un numar de studii /1 - 10/ au aratat ca CO_2 generat electrolitic la suprafata de lucru penetreaza în structura anodului si reactioneaza cu carbonul anodic formând CO prin reactia:

$$CO_2 + C = 2CO \qquad (1)$$

In lucrari mai vechi, **Barrillon** [1, 2] a aratat ca atacul CO_2 în interiorul anodului produce variatii ale densitatii si ale suprafetelor specifice. Mai recent, **Cutshall** si **Bullough** [3] au aratat ca în celula, anozi copti [illegible]. Densitatea anozilor, permeabilitatea si suprafata specifica au fost afectate pe o adancime de 10 cm. Cresterea porozitatii se datoreste reactiilor ce au loc în interiorul anodului. Acest fapt este nedorit deoarece duce la un consum [illegible] de anozi. Grjotheim si **Welch** [11] consideră oxidarea anozilor de către oxigenul din aer mareste consumul teoretic de carbon cu 8 - 20%, iar oxidarea carbunelui de catre CO_2 mareste consumul cu 4 - 8%.

Formarea spumei de carbune este o alta sursa de consum suplimentar. Barrillon a atribuit formarea spumei de carbune atacului CO_2 în profunzimea anodului. Cutshall [4, 5] a aratat ca formarea spumei de carbune are loc în special pe partile laterale ale anodului din cauza atacului preferential al CO_2 asupra cocsului rezultat din calcinarea smoalei, care este mult mai reactiv. In doua articole recente, [12, 13] s-a aratat ca formarea spumei de carbune se datoreste în special reactiilor electrochimice primare ce au loc pe centrii cei mai activi de pe suprafata laterala a anozilor.

Un studiu macrostructural a oxidarii carbonului din adancimea anodului a aratat [10] ca atacul CO_2 asupra suprafetelor laterale ale anodului este mult mai puternic decât asupra suprafetei de lucru, ceea ce contribuie la formarea spumei de carbune.

Anozii utilizati pentru fabricarea aluminiului au, ca toti carbunii, trei elemente structurale de baza: carbonul, cu microstructura lui, porozitatea si impuritatile [14]. Proprietatile anozilor si performantele lor, incluzând consumul de anozi la electroliza, pot fi corelate cu aceste componente fundamentale si interactiile lor:

$$\text{Proprietatile carbonului} = f(\text{porozitate, microstructura, puritate}) \qquad (2)$$

In cele ce urmeaza se arata care sunt corelatiile care exista între componentele carbonului si oxidarea lui în timpul electrolizei atat cu CO_2 format la anod cat si cu oxigenul din aer.

Porozitatea carbunilor

Consideratiile teoretice arata ca porozitatea are un efect complex asupra reactiilor din interiorul anodului [15]: porozitatea fina pune la dispozitie suprafata interna de reactie, în timp ce porii mari permit accesul gazului oxidant în interiorul anodului. O analiza simpla, arata ca cei mai reactivi pori sunt cei intermediari, care sunt suficient de mari ca sa permita transportul gazelor prin ei, dar destul de mici ca sa aiba o suprafata activa de reactie suficient de mare [15 - 17]. Un numar de lucrari [9, 18 - 20] au aratat importanta micsorarii fluxului de CO_2 în anod pentru micsorarea oxidarii interne. Transportul de CO_2 prin pori, depinde de permeabilitatea anodului. Câteva studii arata corelatia care exista între permeabilitatea anozilor si oxidarea lor interna [9, 10, 19, 20]. Aceste studii arata necesitatea de a micsora volumul porilor mai mari de 10 μm.

Alte studii au aratat ca suprafata specifica, deci volumul microporozitatii este important [19, 21]. Autorii au aratat ca suprafata specifica a carbunilor, data de microporozitate (pori mai mici decât 6 μm) este determinanta pentru reactivitatea carbonului rezultat din calcinarea smoalei [22]. Se presupune ca microfisurile aparute în cocsul din smoala în urma calcinarii sunt în acest domeniu de marime si sunt responsabile pentru reactivitatea anodului [4, 7]. S-a aratat ca atacul CO_2 în interiorul anodului are loc prin marimea dimensiunilor porilor mai mici decât 1 μm [3]. Cutshall [5] sugereaza ca microporozitatea ia nastere prin deschiderea porilor închisi, din cocsul de smoala.

Cercetarile noastre [23, 26] au aratat ca toate principalele proprietati fizico - chimice ale anozilor si de asemenea si comportarea lor la electroliza depind

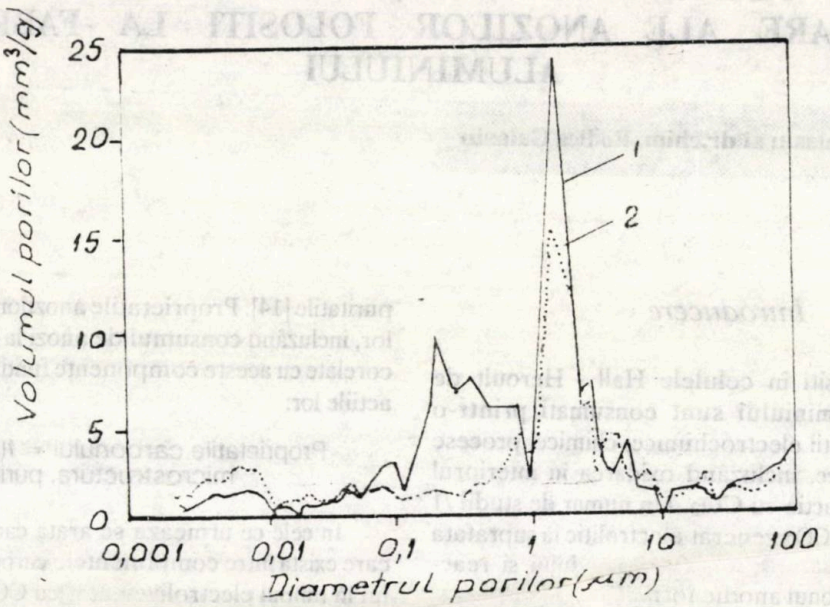


Fig. 1

Distributia volumului porilor dupa dimensiuni intr-un anod folosit la electroliza. 1 - portiunea 0 - 10 mm de la suprafata de lucru; 2 - în interiorul anodului

Porosity volume distribution by size in an anode used in electrolysis. 1 - the 0 - 10 mm from the surface layer; 2 - inside the anode

de volumul porilor mai mari decât 7,5 μm, numita de noi porozitate mare. Pentru aceste studii am luat un numar mare de probe din anozii produsi industrial, le- am masurat proprietatile fizico-chimice, iar apoi cu ajutorul metodei celor mai mici patrate am calculat corelatiile care exista între aceste proprietati. De interes pentru studiul de fata sunt urmatoarele 3 ecuatii gasite de noi:

$$\sqrt{C} = -8{,}7008 + 0{,}81\ P_M \text{ cu coeficientul de corelare } 0{,}90 \quad (3)$$

$$CO_2\ \% = 85{,}14 - 0{,}82C \text{ cu coeficientul de corelare } -0{,}98 \quad (4)$$

$$CO_2\ \% = 205{,}9 - 8{,}66\ P_M \text{ cu coeficientul de corelare } -0{,}90 \quad (5)$$

unde: P_M = volumul porilor mai mari decât 7,5 μm (% din volumul probei de carbune)

C = carboxireactivitatea (mg/cm^2 • h)

CO_2 % = proportia de CO_2 din gazele anodice

Nu exista corelatii vizibile între porozitatea totala a carbunilor si celelalte proprietati fizico-chimice ale lor. Cu cât coeficientul de corelare este mai apropiat de unitate , cu atât dispersia valorilor experimentale de la ecuatia data este mai mica.

Ecuatia (4)exprima dependenta între carboxireactivitatea carbunilor (reactia (1)) si compozitia gazelor anodice în timpul electrolizei. Asa cum era de asteptat, coeficientul de corelare este foarte bun. Un coeficient de corelare ceva mai mic este cel pentru ecuatia (5), deoarece, asa cum se stie, în carbuni exista impuritati care catalizeaza sau inhiba reactia (1) între CO_2 si C.

Din aceste relatii se vede influenta deosebit de puternica pe care o are porozitatea mare a anozilor asupra reactiilor de oxidare a acestora.

Sadler si **Algie** [27] au masurat porozitatea anozilor înainte si dupa electroliza în functie de distanta de la suprafata de lucru iar rezultatele se vad în figura 1. Inainte de electroliza, distributia volumului porilor dupa dimensiuni era similara cu curba 2, cea din interiorul anodului (portiunea neafectata de reactiile de oxidare). Din figura 1 se vede ca pentru anodul nesupus la electroliza, cea mai mare parte a porozitatii este în domeniul 1 - 5 μm. Aceasta porozitate este atribuita degajarii gazelor în timpul calcinarii carbunilor. Analiza distributiei volumului porilor pentru mai multi anozi, arata ca rezultatele sunt similare. Dupa electroliza, (curba 1 din figura 1), distributia porilor dupa dimensiuni ramâne asemanatoare, dar creste mult volumul porilor cuprinsi între 1 si 5 μm probabil din cauza deschiderii porilor închisi.

Volumul total al porilor masurati în functie de distanta de la suprafata anozilor [27] este dat în figura 2. In zona din imediata vecinatate a suprafetei (0 - 10 mm) porozitatea este de 1,4 ori mai mare decât în volum. Aceasta reprezinta un consum suplimentar de carbon de 8% din cel consumat electrolitic pe suprafata de lucru. De asemenea se vede ca oxidarea patrunde aproximativ 40 - 50 mm de la suprafata.

Volumul cumulativ al porilor în functie de diametrul lor pentru diverse adâncimi de la suprafata de lucru [27] este dat în figura 3. Se vede ca în general cresc porii mici, cu atât mai mult cu cât portiunea analizata din anod este mai apropiata de suprafata de

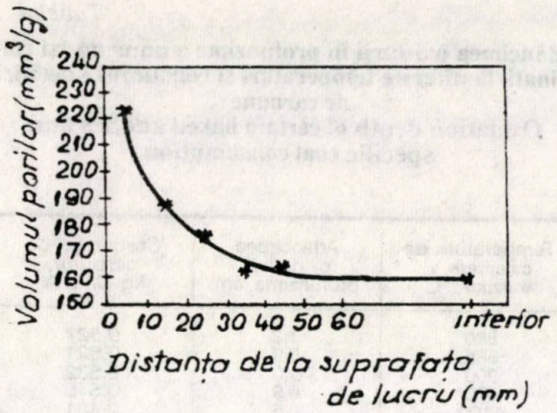


Fig. 2
Volumul porilor în functie de distanta de la suprafata de lucru
Porosity volume depending on depth

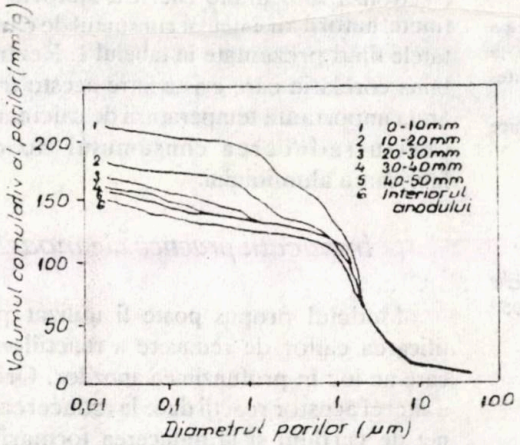


Fig. 3
Distributia volumului cumulativ al porilor în functie de dimensiunea lor pentru diverse distante de la suprafata de lucru
Total porosity distribution depending on its size for various depths

lucru. De asemenea se vede ca volumul porilor mai mari decât 5 μm nu creste în timpul electrolizei, ceea ce este un lucru pozitiv, deoarece, asa cum s-a aratat, carboxireactivitatea carbunilor depinde doar de volumul porilor mai mari decât 7,5 μm, care la rândul lui, depinde de conditiile de preparare ale anozilor.

Deci, modificând conditiile de preparare ale anozilor (granulometria si calitatea cocsului, cantitatea si calitatea smoalei, conditiile de amestecare si coacere etc.) se poate influenta carboxireactivitatea si oxireactivitatea anozilor.

Mecanismul evolutiei porozitatii datorita oxidarii în profunzime a anozilor este acelasi, atât pe suprafata de lucru, cât si pe suprafata laterala a lor. Totusi, pe suprafata laterala oxidarea interioara a anodului este mai pronuntata decât pe suprafata de lucru. Acest lucru se vede în figura 4 care arata cresterea relativa a porozitatii în domeniul 0,01 - 1,0 μm în functie de distanta de la suprafata electrodului [27], asadar figura 4 arata ca în zona vecina cu suprafata de lucru a anodului, porozitatea în domeniul 0,01 - 1,0 μm este de trei ori mai mare decât în zona neafectata din interiorul anodului. Porozitatea în aceeasi regiune a suprafetei laterale a anozilor este de 4 ori mai mare decât în volumul anodului. Pentru toti anozii studiati, mecanismele de formare a porozitatii au fost identice celor aratati anterior. Proprietatile anodului: permeabilitatea, porozitatea totala, temperatura de coacere si conditiile de operare ale celulei (geometria celulei, densitatea de curent etc.) nu influenteaza modul în care au loc reactiile din porii anodului.

Modelul structural al porozitatii anodice

Sadler si Algie [27] au dat un model structural al porozitatii carbunilor, care este prezentat în figura 5. Acest model arata ca anozii de carbune sunt compusi din granule de cocs, legate prin cocsul rezultat prin calcinarea smoalei. Filmul de cocs de smoala contine pori fini [28] si microcrapaturi [4, 29] care rezulta în timpul coacerii, când smoala se contracta datorita calcinarii si degajarii produsilor volatili, în timp ce granulele de cocs se dilata datorita încalzirii. Aceste microcrapaturi si pori în cocsul de smoala reprezinta sursa majora de suprafata activa pe care are loc reactia cu CO_2 [4, 7]. Modelul structural consta din pori largi prin care circula gazele (intra si ies) si care permit un transport de masa relativ rapid. Canalele sunt în legatura directa cu microfisurile si porii fini care au o suprafata mare pentru reactie. Pentru a atinge suprafata activa de reactie, din canalele de alimentare, CO_2 are de strabatut doar o mica distanta, limitata la grosimea filmului de cocs de smoala, estimat la o grosime de 1 μm.

Microcrapaturile din cocsul de smoala se vor largi în timpul reactiei de oxidare ceea ce corespunde datelor experimentale observate de Sadler si Algie [27] si anume cresterea volumului porilor în interiorul anodului si în special al porilor mici.

Modelul confirma si datele noastre experimentale [23 - 26] care arata dependenta între macroporozitatea anozilor si carboxireactivitate. Asa cum se vede din figura 1, suprafata datorita microporozitatii este mare si nu constituie un factor limitativ pentru reactiile de oxidare ale anozilor. Însa macroporii prin care se face transportul reactantilor în si din interiorul anozilor limiteaza viteza de reactie. Asa cum se vede în figura 1, în timpul electrolizei, prin oxidarea interna a anozilor creste în special volumul microporilor, nu al macroporilor, si deci chiar si dupa un timp de electroliza etapa determinanta de viteza pentru reactia de oxidare interna a anozilor ramâne volumul macroporilor. Cu alte cuvinte, proprietatile anozilor depind de modul lor de preparare si nu se

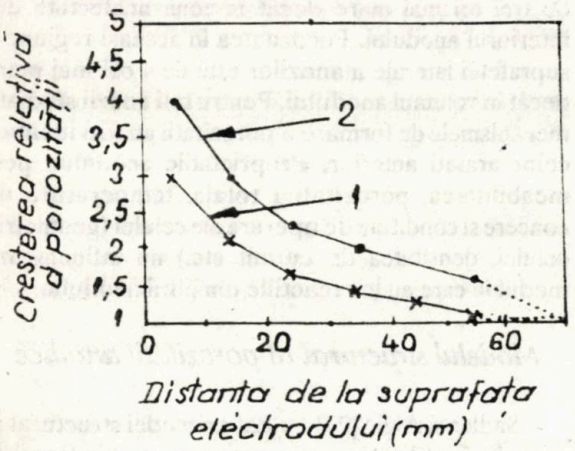


Fig. 4

Cresterea relativa a porozitatii pe suprafata de lucru (1) si pe suprafata laterala a anozilor (2), în functie de distanta de la suprafata laterala a anozilor comparativ cu porozitatea din interiorul anodului
Relative porosity increase in depth (1) and on anode side surface (2), depending on depth, compared with anode core porosity

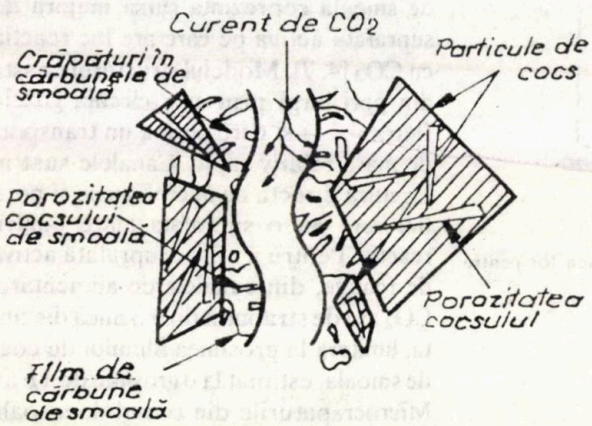


Fig. 5

Modelul structural al porozitatii anodice
Anode porosity structural patterns

modifica mult în timpul electrolizei prin reactiile de oxidare interna.

Sadler si Algie [10] au pus la punct o metoda simpla de studiu a oxidarii interne a anozilor cu ajutorul unui microscop optic. Din fotografiile obtinute se observa clar adâncimea pe care se face oxidarea în profunzime a anozilor si dezvoltarea porozitatii în aceasta zona. Se observa de asemenea ca pe suprafetele laterale, oxidarea interna se face pe o adâncime mai mare decât pe suprafata de lucru. Cu ajutorul acestei tehnici, Sadler si Algie [10] au masurat oxidarea în profunzime a unor anozi calcinati la diferite temperaturi, dupa ce au fost supusi la

Tabelul 1

Adâncimea oxidarii în profunzime a unor anozi calcinati la diferite temperaturi si consumul specific de carbune
Oxidation depth of certain baked anodes and specific coal consumption

Temperatura de calcinare a anozilor, °C	Adâncimea oxidarii în profunzime, cm	Consumul de carbune, kg C/kg Al
880	1,2	0,527
885	0,9	0,521
900	1,0	0,532
970	0,9	0,515
1100	0,6	0,481
1180	0,4	0,481
1220	-	0,444

electroliza mai multe zile. Cu ajutorul datelor obtinute, autorii au calculat consumul de carbune, rezultatele fiind prezentate în tabelul 1. Rezultatele arata buna corelatie care exista între aceste trei marimi si arata importanta temperaturii de calcinare a anozilor pentru reducerea consumului de carbune la fabricarea aluminiului.

Implicatii practice ale modelului

Modelul propus poate fi utilizat pentru identificarea cailor de reducere a reactiilor de oxidare care au loc în profunzimea anozilor. Orice reducere a vitezei acestor reactii duce la reducerea consumului net de carbuni si la reducerea formarii spumei de carbune. Modelul confirma ca reducerea permeabilitatii anodului prin descresterea volumului porilor mari, reduce viteza reactiilor de oxidare în profunzime a anozilor. Insa actuala tehnologie de fabricare a anozilor implica obtinerea unor anozi cu o porozitate deschisa si interconectata. Posibilele cai de reducere a acestei porozitati si deci a permeabilitatii anodului sunt: utilizarea unor viteze cât mai mici de încalzire a anozilor în timpul degajarii produsilor volatili (se formeaza în felul acesta pori cu diametre mai mici), o modificare a granulometriei cocsului, în special a fractiei fine, pentru a obtine un grad de împachetare maxima, optimizarea continutului de smoala, sau cresterea valorii de calcinare a smoalei (utilizarea unei smoale cu mai putini produsi volatili, dar care sa umecteze totusi bine cocsul).

O alta cale pentru reducerea reactiilor de oxidare în profunzime a anozilor este reducerea suprafetei specifice a carbunelui de smoala. Microporozitatea obtinuta prin calcinarea smoalei, în particular microcrapaturile create datorita fortelor de dilatare/contractie este factorul determinant în atacul gazelor anodice. Exista câteva posibilitati pentru reducerea acestei porozitati si deci a suprafetei specifice a anozilor. Microcrapaturile în carbunele de

smoala pot fi reduse prin adaugarea selectiva a unor granule de cocs partial calcinat. Acest cocs sufera aceleasi fenomene de calcinare si contractie ca si smoala, reducându-se în final numarul microcrapaturilor. De asemenea, un carbune cu o porozitate redusa poate fi obtinut daca se utilizeaza aditivi în smoala. S-a utilizat de asemenea smoala grea (cu punct de înmuiere ridicat) [30]. Acest tip de smoala are punct de calcinare ridicat si se contracta putin în timpul calcinarii, fapt care va reduce microcrapaturile si posibil dimensiunea si numarul porilor prin care se degaja produsii volatili (microporozitatea). Dar, pentru a se putea utiliza acest tip de smoala este necesar sa se modifice utilajele de fabricare a anozilor.

Având în vedere ca 8% din carbonul consumat la electroliza se datoreste oxidarii anodului în profunzime prin atacul CO_2, trebuie continuate cercetarile pentru reducerea acestui consum suplimentar de carbune.

De asemenea, proprietatile anozilor si deci si posibilitatea lor de a se oxida cu CO_2 sau aer depind de calitatea cocsului, temperatura de calcinare a lui si temperatura de coacere a anozilor.

BIBLIOGRAFIE

[1] **Barrillon E.**, ICSOBA, Milan, 1971, p.87
[2] **Barrillon E.**: Light Metals, 1974, p.1023
[3] **Farr-Wharton R.**: Electrochim. Acta, 25, 1980, p.217
[4] **Cutshall E.R. , Bullough V.L.**: Light Metals, 1985, p.1039
[5] **Cutshall E.R.**: Light Metals, 1986, p.629
[6] **Ayushin B.I.**: Tsvetnye Metally, 9, 1977, p.39
[7] **Chalykh V.I. , Korobov M.A.**: Tsvetnye Metally, 11, 1975, p.43
[8] **Domrachev B.P. , Korobov M.A.**: Tsvetnye Metally, 12, 1971, p.30
[9] **Yanko E.A. , Lazarev V.D.**: Tsvetnye Matally,11, 1974, p.38
[10] **Sadler B.A. , Algie S.H.**: Light Metals, 1989, p.531
[11] **Grjotheim K. , Welch B.J.**: Aluminium Smelter Technology, Aluminium Verlag, Düsseldorf, 1988, p. 155
[12] **Galasiu I., Galasiu R.**: Rev. Roumaine Chim., (sub tipar)
[13] **Galasiu I., Galasiu R**: Revista de Chimie (sub tipar)
[14] **Keller F. , Fischer W.K.**: Light Metals, 1982, p.729
[15] **Fischer W.K. , Perruchoud R.**: Light Metals, 1985, p.811
[16] **Sverdlin V.A.**: Tsvetnye Matally, 11, 1976, p.37
[17] **Jones S.S.**: Light Metals, 1978, p.553
[18] **Domrachev B.P., Korobov M.A.**: Tsvetnye Metally, 13, 1972, p. 35
[19] **Rey Boero J.F.**: Light Metals, 1981, p.441
[20] **Fischer W.K.**: Anodes, The 4 th Int. Course on process Metallurgy of Aluminium, Trondheim, Norway, 1985
[21] **Barrillon E.**: Light Metals, 1971, p.351
[22] **Bowitz O., Sandberg O.**: Trans Met.Soc. AIME, 224, 1962, p.53
[23] **Zuca S., Galasiu I., Onisor M.**: Metalurgia, 30, 1978, p. 530
[24]. **Zuca S., Galasiu I. si Terzi M.**: Proceedings of the 4 th Al - Symposium , Banska Bystrica (Czechoslovakia), Sept.1980, p .184
[25] **Zuca S., Galasiu I., Terzi M.**: Revista de Chimie, 33, 1982, p. 830
[26] **Zuca S., Galasiu I., Balu I.**: Rev. Roumaine Chim., 29, 1984, p.309
[27] **Sadler B.A., Algie S.H.**: Light Metals, 1991, p.687
[28] **Walker P.L., Raars E.**: J. Phys.Chem., 60, 1956, p.364
[29] **McEnaney B., Rand B.**: Br.Beram.Trans.J., 84, 1985, p.193
[30] **Coste B.**: Light Metals, 1988, p.247
[31] **Galasiu I., Galasiu R.**: Revista Metalurgia, Bucuresti (sub tipar)

Târguri, conferinte si congrese internationale

19 - 22 aprilie 1995, Makuhari, Tokio
Organizator: Mack - Brooks Exhibitions Ltd.

"Al doilea târg international al tehnologiilor de prelucrare a tablei - **Tabla - Japonia '95**" cuprinde urmatoarea paleta de oferte: aparate, masini, sisteme de prelucrare si procedee de manipulare., de deformare si tratament al suprafetei tablei. Tabla si semifabricatele pentru tabla. Elementele masinilor pentru prelucrarea tablei. Controlul procesului si asigurarea calitatii. Procesarea datelor, utilajelor de fabricatie, protectia muncii si a mediului. Asistenta tehnica.

CONSIDERATII PRIVIND OPTIMIZAREA PROIECTARII CONSTRUCTIV - TEHNOLOGICE A TAMBURILOR DE FRÂNARE, TURNATI DIN Fc

Ing. Dobrescu Grigore - S.C. MECANICA S.A. MIRSA - AVRIG

C.Z.:621.74

Economia de piata, remarca tendinte normale de diversificare a produselor autorutiere sub aspectele: destinatie ca utilizare, capacitati de transport, adaptabilitate la puterea de cumparare a beneficiarilor etc, ducând la diversificarea tipo-dimensionala si sortimentala a acestor produse. Calitatea si pretul de cost impuse în economia de piata concurentiala remarca de asemenea cerinte de reconsiderare proiectare constructiv - tehnologica a pieselor cu pondere în structura constructiva a acestor produse, vizând în principal reducerea greutatii produselor corelata cu reducerea costurilor de fabricatie si de exploatare, în conditii de calitate si durabilitate maxima. Realizarea acestor cerinte prioritare impune reanalizarea proiectarii constructiv- tehnologice a reperelor turnate cu pondere în structura constructiva a produselor si în special a reperelor de tip: - tambururi de frânare, butuci, suporti saboti etc, adoptându-se concepte unitare de proiectare constructiv-tehnologice, ca solutii optime cu efecte tehnico economice maxime.

Astfel, la nivelul S.C. MECANICA - S.A. , ca fabricant de produse autorutiere (remorci, semiremorci), s-au reanalizat conceptele constructiv-tehnologice ale pieselor turnate din fonte cenusii, respectiv tambururi de frânare, rezultând urmatoarele concluzii:

» Constructiv piesele au grosimi de pereti constante si variabile în raport cu tipul produselor, sarcina utila, încarcarea pe axe si fortele de frecare (diametrele interioare influentând valoarea fortelor de frecare), dar calitatile de materiale sunt indicate în general constant Fc 250 - STAS 568 - 86.

» Tehnologiile de turnare sunt de asemenea neunitare, în raport de factorii geometrici si dimensionali, eficienta lor sub aspectul calitativ al pieselor turnate fiind diferentiata.

» Reconsiderarea proiectarii constructiv-tehnologica abordata deriva din urmatoarele ipoteze si consideratii teoretice si practice:

» Din punct de vedere constructiv, variatia grosimii peretilor piesei turnate la adoptarea unor calitati de fonta cenusie, cu o compozitie a sarjelor si a fontelor elaborate uzual aproximativ constante, nu asigura caracteristicile structurale si proprietatile mecanice ale materialelor prescrise, întrucât se exclude influenta grosimii peretilor asupra masei de baza structurala (grosimea determinând viteza de racire si deci natura constituientilor structurali), cu influente directe asupra proprietatilor mecanice. Conceptul actual evidentiat în desenul piesei turnate figura 1, exclude interdependenta dintre compozitia chimica a fontei si grosimea peretilor piesei.

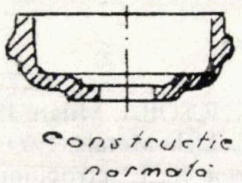


Fig. 1
Varianta constructiva uzuala a tamburilor de frânare
Traditional design of brake drums

» Rezulta deci ca oportuna reproiectarea constructiva a acestor tipuri de piese, adoptându-se variantele indicate în desen, (fig.2), la care prin reducerea grosimii piesei si compensarea rezistentei mecanice prin sistem de nervuri, se asigura cresterea rezistentei mecanice si dirijarea masei structurale, corelata cu conditia functionala (masa structurala ca pondere perlitica).

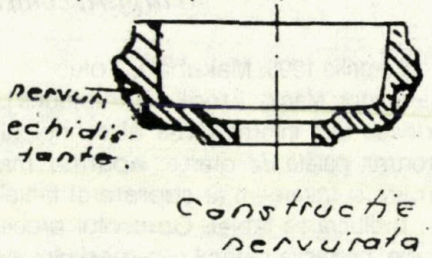


Fig. 2
Varianta constructiva optima a tamburilor de frânare
Optimal design of brake drums

» Un concept de proiectare constructiv similar, figura 2, prezinta urmatoarele avantaje tehnico-economice: asigura cresterea

proprietatilor mecanice ale pieselor, corelat cu reducerea greutatii si respectiv a costurilor de fabricatie si de exploatare (influenta asupra greutatii produsului ducând la reducerea consumurilor specifice de carbonati si lubrefianti), se asigura corelarea compozitiei chimice cu caracteristicile mecanice, conditie verificabila de catre proiectant la faza elaborarii documentatiei constructive. Constructiv grosimea nervurilor se recomanda a fi (0,7-0,8) din grosimea peretilor piesei, iar structural pentru a obtine structura perlitica impusa de conditiile functionale si solicitarile mecanice (conditii de frecare între ferodou si suprafata activa a tamburului), calitatea fontei adoptate va avea carbonul echivalent ≈ 4,3% si gradul de saturatie Sc ≈1, structural fonta corespunzând fontei eutectice, calitatea optima sub aceste aspecte fiind Fc 250.

» Conceptele tehnologice de turnare a acestor piese folosite uzuai si tehnologiile proprii experimentate si propuse pentru generalizare, indiferent de procedeul de formare, manual sau mecanic si remarcate în talelul 1 si 2, evidentiaza urmatoarele:

» Tehnologiile actuale, remarcate în tabelul 1, corespunzator turnarii cu obtinerea cavitatii interioare natur sau cu miez, cu alimentare în planul de separatie, prezinta urmatoarele dezavantaje: - nu exclud defectele de tip incluziuni nemetalice generate de dirijarea metalului lichid în cavitatea formei, precum si defectele de tip sulfuri, generate de evacuarea gazelor din cavitatea formei, desi pentru varianta 2 - tabelul 1 - dublarea retelei de alimentare atenueaza aceste fenomene.

Retelele de alimentare experimentate si corespunzând variantelor 1 - 4 din tabelul 2, diferentiate prin concept tehnologic fata de posibilitatile de aplicare specifice turnatorii proprii, procedeul de formare si particularitatile geometrice si dimensionale ale piesei - cu referire la varianta 4 (piese cu diametrul interior mare fata de înaltimea piesei), prin reteaua de alimentare în sifon si profilul "S" al alimentatorilor prezinta urmatoarele avantaje tehnico-economice: - prin efectele de centrifugare generate de profilul "S" al retelei de alimentare si alimentare în sifon se reduc rebuturile generate de evacuarea gazelor (suflurile) si incluziunile nemetalice, asigurând concomitent cresterea compactitatii materialului din masa piesei. Profilul si modul de amplasare al retelei de alimentare "S" sunt evidentiate în tabelul 2, pentru variantele 1 - 4. Numarul alimentatoarelor se adopta diferentiat în raport de dimensiunile piesei, greutatea de metal lichid turnat în forma, dimensiunile sectiunilor de atac functie de modul de detasare al retelei de alimentare (manual sau mecanic prin stantare pe prese în cazul seriilor mari de fabricatie), aceasta anihilând inclusiv eventualele tendinte de ovalizare a alezajului din zona sectiunilor de alimentare a piesei.

Studiul, experimentarile si aplicarea conceptelor constructiv- tehnologice prezentate, în cazul tamburilor de frânare destinate produselor autorutiere, sau în general pentru acest tip de piese, duc la urmatoarele concluzii:

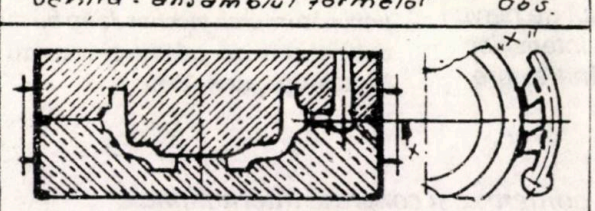
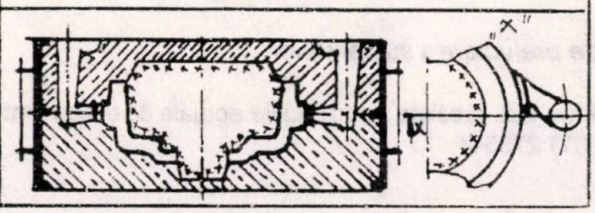
¤ *Corelarea caracteristicilor structurale si a proprietatilor mecanice cu factori geometrici si dimensionali ai pieselor înca de la faza de proiectare constructiva prin respectarea conditiilor remarcate, devin conditii esentiale pentru proiectant la adoptarea calitatii materialului din STAS 568 - 86.*

¤ *Proiectarea pieselor turnate într-o corecta interdependenta cu conditiile respective, asigura simultan caracteristicile fizico- mecanice si structurale impuse acestor tipuri de piese sub aspectul solicitarilor mecanice si conditiile functionale, permitând în acelasi timp reducerea greutatii pieselor si a produselor si deci implicit a costurilor de fabricatie si exploatare.*

¤ *Prin conceptele tehnologice remarcate în tabelul 2, comparativ cu tehnologiile actuale (tabelul 1), se asigura reducerea pierderilor tehnologice (rebuturilor),*

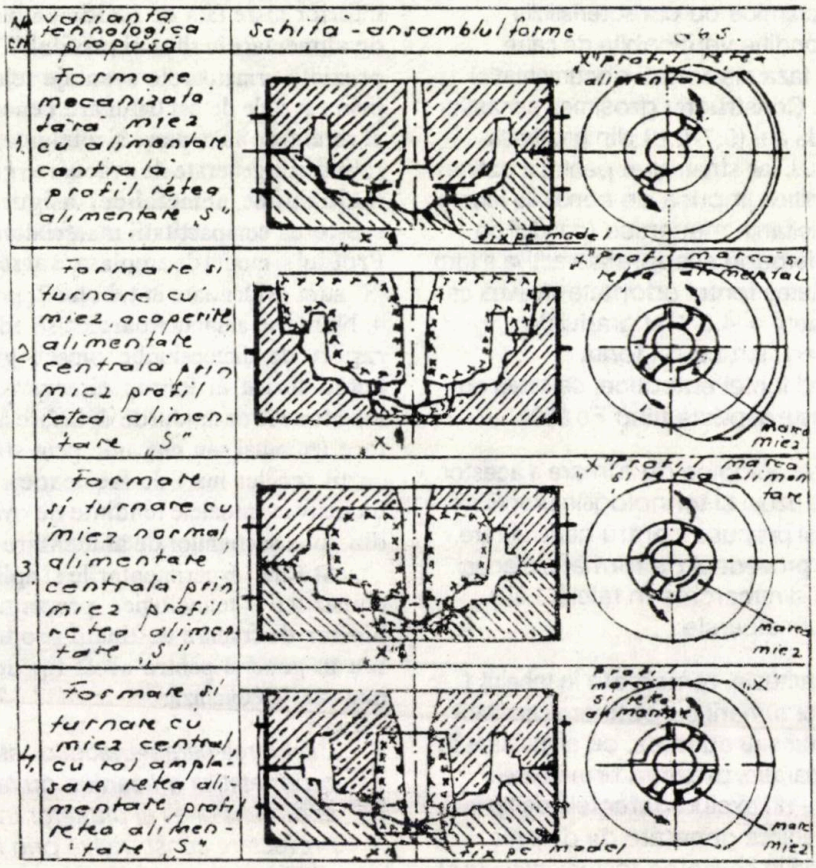
Tabelul 1

Variante tehnologice uzuale practicate pentru turnarea tamburilor de frânare
Traditional technique alternatives

Nr. crt.	Varianta tehnologica angajata	Schita - ansamblul formelor	Obs.
1	Formare si turnare mecanizata sau manuala fara miez.		
2	Formare si turnare manuala cu miez.		

Tabelul 2

Variante tehnologice reconsiderate (experimentale si aplicate) la turnarea tamburelor de frânare
Reconsidered technique alternatives



generate de sufluri si incluziuni nemetalice si implicit cresterea gradului de compactitate a materialului, consecinte ale fortelor de centrifugare, create de profilul specific al retelei de alimentare.

¤ *Optimizarea simultana a proiectarii constructive si tehnologice, asigura îmbunatatirea calitatii pieselor si respectarea conditiilor de rezistenta mecanica si structurale stabilite previzional de proiectant la faza de proiectare constructiva, iar prin sistemul de nervuri introduse în structura piesei, se intensifica transferul caldurii rezultate la frânare spre mediul exterior, ca o conditie importanta ca rol functional la acest tip de piese.*

BIBLIOGRAFIE

[1] **Radulescu Ghe., Albita Ghe.**: *Retele de turnare. Ed.Tehnica*, Bucuresti, 1967

[2] **Dobrescu Gr.**: *Turnarea concentrica a pieselor de tip bucsa, executate din bronz.* In: Metalurgia, nr.6, 1980

[3] **Dobrescu Gr.**: *Unele consideratii tehnologice privind turnarea pieselor de tip bucsa caracterizate prin dimensiuni de gabarit si greutati relativ mari.* In: Metalurgia, nr.8, 1985

Târguri, conferinte si congrese internationale

Oftech '95 - *Târg al tehnologiilor de prelucrare a suprafetelor.*
10 - 13 mai 1995, **Essen**
Organizator: Mach - Brooks Exhibition Ltd. prezinta tehnologiile actuale de tratamente.
Inf. telef.: (+707) 275641, Fax (+707) 275544

OPTIMIZAREA PROCESULUI DE OBTINERE ELECTROLITICA A PULBERII DE CUPRU DE CALITATE IMPUSA

- determinarea modelului matematic -

Dr.ing.Dragos Taloi, sef lucrari Universitatea "Politehnica" Bucuresti
ing.George Matei, asistent universitar Universitatea "Politehnica" Bucuresti
dr.ing.Ioan Constantin, sef lucrari Universitatea "Politehnica" Bucuresti
ing.Liana Drula C.E.P.R.O.N.E.F. Baia Mare

C.Z.: 669.35

Introducere

Pulberea de cupru se obtine prin electroliza in solutii acide de sulfat de cupru, folosindu-se anozi din cupru rafinat electrolitic.

Spre deosebire de rafinarea electrolitica a cuprului, la c[illegible] elect[illegible] 15 g/l Cu) iar [illegible] au valori mai ridicate (800-900

In ultima perioada de timp, cerinta de pulbere de cupru s-a modificat, fiind cautate numai anumite sorturi de pulbere. Clasificarea pe sorturi se face in functie de granulatie, densitate aparenta, viteza de curgere. [2]

Pe baza cercetarilor experimentale in aceasta lucrare s-a obtinut un model matematic pe baza caruia se pot stabili parametrii de lucru pentru obtinerea unui anumit sort de pulbere de cupru.

Variabilele de performanta ale procesului care au fost considerate importante sunt urmatoarele:

- *fractia granulometrica cu particule ce au dimensiuni mai mari de 0,2 mm (y_1),*
- *viteza de curgere (y_2), [s/50 g],*
- *densitatea aparenta (y_3), [g/cm^3],*
- *fractia granulometrica cu particule ce au dimensiuni mai mici de 0,063 mm (y_4).*

Dintre acestea y_1 s-a considerat drept functia obiectiv, iar y-y_{2-4} restrictii ale problemei.

Variabilele de intrare, considerate drept parametri ai procesului sunt:

- *Temperatura z_1, [°C],*
- *Densitatea de curent z_2, [A/m^2],*
- *Durata procesului, z_3, [min.],*
- *Concentratia cuprului in electrolit z_4, [g/l].*

Stabilirea modelului matematic pe baza subprogramelor E.F.F_2^{4-1} [1,3]

Deoarece informatia apriorica n-a putut preciza tipul de model, s-a considerat pentru inceput, ca modelul matematic se poate prezenta sub forma unor dependente liniare între variabilele de performanta (y_1, y_4) si parametrii procesului (z_1-z_4).

In acest sens s-a organizat un experiment factorial fractional de tipul: E.F.F_2^{4-1}, trecându-se de la parametrii naturali z_1-z_4 la parametrii codificati x_1-x_4, relatia de codificare fiind sub forma:

$$x_i = (z_i - z_i^0) / \Delta z_i, \; i = 1, 2, 3, 4 \qquad (1)$$

in care z_i reprezinta valoarea naturala (z_i^0 este valoarea naturala în centrul programului), x_i valoarea codificata, iar Δz_i - intervalul de variatie al variabilei z_i.

Pentru alcatuirea subprogramului E.F.F_2^{4-1} s-a utilizat relatia generatoare $x_1 = x_1 * x_2 * x_3$ si contrastul determinant $I = x_1 * x_2 * x_3 * x_4$, iar rezultatele experimentale obtinute conform acestor subprograme sunt centralizate in tabelele 1-3.

Matricele acestor subprograme sunt prezentate in tabelele 4-7, pentru construirea acestor matrice folosindu-se urmatoarele valori:

$$z_1^0 = 35, z_2^0 = 850, \; z_3^0 = 120, \; z_4^0 = 15$$

$$\Delta z_1 = 5, \; \Delta z_2 = 20, \; \Delta z_3 = 15, \; \Delta z_4 = 3$$

$$z_i^s = z_i^0 + \Delta z_i; \; z_i^i = z_i^0 - \Delta z_i;$$

$$x_i^s = (z_i^s - z_i^0) / \Delta z_i = + 1$$

$$x_i^i = (z_i^i = z_i^0) / \Delta z_i = - 1$$

Tabelul 1

Organizarea experimentului pe baza unui subprogram E.F.F_2^{4-1}
Experiment organization subprogram

Parametrii de lucru					Rezultate experimentale				
Nr. pct., exp	Temp' °C	D.c. A/mp	Timp [s]	Cu, g/l	> 0.2mm, g	Vit. curgere, m/s	Dens. apar. g/cm³	< 0.063, g	Masa tot. g
1	30	830	105	12	23	62	1,2	197,7	502
2	40	830	105	18	68,4	68	1,04	84,4	518
3	30	870	105	18	48,6	70	1,12	71,2	555
4	40	870	105	12	39,9	78	0,96	123,5	560
5	30	830	135	112	68,6	55	1,2	78,4	490
6	40	830	135	18	41,4	73	1,04	117,7	514
7	30	870	135	18	32,4		1,12	132,2	531
8	40	870	135	12	102,1	55	1,3	133,2	535

Tabelul 2

Organizarea experimentului pe baza unui subprogram E.F.F_2^{4-1}

Experiment organization subprogram

Parametrii de lucru									
Nr. pct., exp	Temp' °C	D.c. A/mp	Timp [s]	Cu, g/l	> 0.2mm, g	curgere, m/s	apar. g/cm³	0.063, g	Masa tot. g
1	40	870	135	18	119,3	50	1,44	133,9	540
2	30	830	1351	18	72,1	42	1,56	84,5	506
3	40	870	135	12	44,3	75	1,04	129,5	516
4	30	870	105	12	44,8	58	1,28	149	510
5	40	830	105	18	46,8	63	1,2	84,4	538
6	40	870	105	12	43,8	72	0,96	119,4	526
7	30	870	105	18	62,3	45	1,44	72,4	562
8	30	870	135	12	26,9	52	1,28	140,2	531

Tabelul 3

Organizarea experimentului pe baza unui subprogram $E.F.F_2^{4-1}$
Experiment organization subprogram

Parametrii de lucru					Rezultate experimentale				
Nr. pct., exp	Temp' °C	D.c. A/mp	Timp [s]	Cu, g/l	> 0.2mm, g	Vit. curgere, m/s	Dens. apar. g/cm³	<0,063, g	Masa tot. g
1	40	870	135	18	121,5	51	1,45	126,6	534
2	30	830	135	18	80,8	42	1,55	82,3	510
3	40	830	135	12	43,1	75	1,02	133,1	512
4	30	830	105	12	38,9	60	1,26	153	516
5	40	830	105	18	52,3	55	1,3	83,1	531
6	40	870	105	12	45,8	69	1,18	128	530
7	30	870	105	18	64,5	49	1,46	75,8	556
8	30	870	135	12	23,5	59	1,24	143,2	530

Tabelul 4

Matrice subprogram $E.F.F_2^{4-1}$
Fractia > 0,2
Subprogram matrix. > 0.2mm fraction

Nr. pct	x1	x2	x3	x4	y11	y12	$\bar{y}_i$	$\tilde{y}_i$	s^2	$(\tilde{y}_i - \bar{y}_i)^2$
1	-1	-1	-1	-1	7,54	8,78	8,16	3,87	0,7688	18,404
2	+1	-1	-1	+1	8,69	9,85	9,27	13,26	0,6728	15,896
3	-1	+1	-1	+1	11,08	11,6	11,34	12,42	0,1352	1,1664
4	+1	+1	-1	-1	8,32	8,64	8,48	7,72	0,0512	0,5852
5	-1	-1	+1	+1	14,24	14	14,12	14,28	0,0288	0,5852
6	+1	-1	+1	-1	8,68	8,42	8,5	9,58	0,0128	1,1664
7	-1	+1	+1	-1	5,07	4,43	4,75	8,74	0,2048	15,904
8	+1	+1	+1	+1	22,09	22,75	22,42	18,13	0,1217	18,404

Tabelul 5

Matrice subprogram $E.F.F_2^{4-1}$
Viteza de curgere
Subprogram matrix. Flow rate

Nr. pct	x1	x2	x3	x4	y21	y22	$\bar{y}$	s^2	$\tilde{y}_2$	$(\tilde{y}-\bar{y})$
1	-1	-1	-1	-1	58	60	59	2	61.94	8.6436
2	+1	-1	-1	+1	63	61	62	2	60.94	1.1236
3	-1	+1	-1	+1	45	49	47	8	43.7	10.89
4	+1	+1	-1	-1	72	69	70.5	4.5	71.94	2.0736
5	-1	-1	+1	+1	42	42	42	0	43.44	2.0737
6	+1	-1	+1	-1	75	75	75	0	71.68	11.022
7	-1	+1	+1	-1	52	59	55.5	24.5	55.44	1.1236
8	+1	+1	+1	+1	50	51	50.6	0.5	53.44	8.6436

Tabelul 6

Matrice subprogram $E.F.F_2^{4-1}$
Densitate aparenta
Subprogram matrix. Bulk density

Nr. pct	x1	x2	x3	x4	y31	y32	$\bar{y}3$	$s^2 \cdot 10^4$	$\tilde{y}_3$	$(\tilde{y}-\bar{y})$
1	-1	-1	-1	-1	1.28	1.26	1.27	2	1.1875	6.8063
2	+1	-1	-1	+1	1.2	1.24	1.22	8	1.255	1.225
3	-1	+1	-1	+1	1.44	1.46	1.45	2	1.48	0.9
4	+1	+1	-1	-1	0.96	1.96	0.96	0	0.9775	0.3063
5	-1	-1	+1	+1	1.55	1.55	1.555	0.5	1.5725	0.3063
6	+1	-1	+1	-1	1.04	104	1.04	0	1.07	0.9
7	-1	+1	+1	-1	1.28	1.24	1.26	8	1.295	1.225
8	+1	+1	+1	+1	1.44	1.45	1.445	0.5	1.3625	0.8063

Prelucrarea datelor experimentale s-a realizat pe baza analizei de regresie liniara folosindu-se în acest scop urmatoarele relatii de calcul:

$$b_0 = \left(\sum_{u=1}^{8} y_u\right) / 8 \qquad (2)$$

$$b_i = \left(\sum_{u=1}^{8} x_{1u}\, y_u\right) / 8 \;,\; i = 1, 2, 3, 4 \qquad (3)$$

în care y_n reprezinta valoarea medie experimentala obtinuta în punctul "n".

In urma efectuarii calculelor s-au obtinut urmatoarele dependente analitice sub forma unor ecuatii de gradul întâi:

$$y_1 = 11 + 1{,}173 * x_1 + 0{,}752 * x_2 + 1{,}682 * x_3 + 3{,}523 * x_4 \;, \qquad (4)$$

$$y_2 = 57{,}69 + 6{,}81 * x_1 - 1{,}81 * x_2 - 1{,}94 * x_3 - 7{,}31 * x_4 \;, \qquad (5)$$

$$100 y_3 = 127{,}5 + 10{,}875 * x_1 + 0{,}375 * x_2 + 5 * x_3 + 14{,}25 * x_4 \;, \qquad (6)$$

$$y_4 = 21{,}69 + 0{,}422 * x_1 + 0{,}008 * x_2 + 1{,}607 * x_3 - 4{,}327 * x_4 \;, \qquad (7)$$

Cu ajutorul criteriului Fischer [1,3] s-a testat gradul de concordanta dintre ecuatiile (4-7) si datele

Tabelul 7

Matrice subprogram $E.F.F_2^{4-1}$
Fracti a > 0,063
Subprogram matrix. < 0.063 m fraction

Nr. pct	x1	x2	x3	x4	y41	y42	$\bar{y}_4$	$s^2 \cdot 10^3$	$\tilde{y}_4$	$(\tilde{y}_4 - \bar{y}_4)$
1	-1	-1	-1	-1	29,21	29,65	29,43	96,8	23,98	29,703
2	+1	-1	-1	+1	15,69	15,65	15,67	0,8	16,17	0,25
3	-1	+1	-1	+1	12,88	22,82	12,85	1,8	15,34	6,2001
4	+1	+1	-1	-1	12,69	22,05	22,37	204,8	24,84	6,1009
5	-1	-1	+1	+1	16	16,14	16,07	9,8	18,54	6,1009
6	+1	-1	+1	-1	25,1	26	25,55	405	28,04	6,2001
7	-1	+1	+1	-1	26,4	27,02	26,71	192,2	27,21	0,25
8	+1	+1	+1	+1	24,8	24,9	24,85	5	19,4	29,703

Tabelul 8

Valorile pentru testare cu criteriul Fischer
Test values for Fischer criterion

Ecuatia	s_0^2	s_{conc}^2	F_c	F_T
4	0,414	48,07	116,09	4,07
5	5,18	30,4	5,9	4,07
6	2,62*10	12,32 • 10	46,9	4,07
7	0,114	56,34	500	4,07

experimentale, valorile obtinute fiind prezentate în tabelul 8.

Comparând valorile calculate (Fc) cu valorile din tabel (F_T) ale criteriului Fischer [3] s-a constatat ca nici una din ecuatiile modelului liniar (ecuatiile 4-7) nu sunt adecvate procesului (deoarece $F_{IC} > F_{TI}$, I = 4,5,6,7) si din acest motiv s-a considerat necesar ca cercetarea sa continue pe baza unor programe de ordinul doi si anume programe P.O.2.

Stabilirea modelului matematic pe baza programelor ortogonale de ordinul doi (P.O.2)

Aceste programe sunt programe optimale din punct de vedere al scopului urmarit, cu alte cuvinte se obtine un maxim de informatie pe baza unui numar restrâns de determinari experimentale.

Avantajul acestor programe rezida în faptul ca au în componenta lor vechiul program (subprogram) utilizat pentru obtinerea modelelor liniare si anume subprogramul $E.F.F_2^{4-1}$. Numarul punctelor experimentale continute într-un astfel de program, P.O.2 pentru n = 4 este dat de relatia: [1]

$$N = Nc + N\alpha + No = 17 \qquad (8)$$

în care:
$Nc = 2^{4-1} = 8$ reprezinta numarul punctelor experimentale în subprogramul $E.F.F.2^{4-1}$,
$N\alpha$ - numarul asa ziselor "puncte stea" = 2n = 8,
No - numarul punctelor centrale (No > 1). In cazul considerat No = 1

S-a realizat un experiment pe baza unui astfel de program P.O.2, rezultatele obtinute (punctele 9-17) fiind prezentate în tabelul 9. Matricele acestor programe sunt prezentate în tabelele 10-13.

Relatiile care reprezinta modelul matematic al procesului se prezinta sub forma a patru ecuatii de gradul doi, de variabile $x_1 - x_4$ si au urmatoarea forma:

$$y = b_0 + b_1x_1 + b_2x_2 + b_3x_3 + b_4x_4 + b_{12}x_1x_2 + b_{13}x_1x_3 + b_{14}x_1x_4 + b_{11}x_1^2 + b_{22}x_2^2 + b_{33}x_3^2 + b_{44}x_4^2 \qquad (9)$$

Deoarece acest program P.O.2 are în structura sa vechiul program $E.F.F_2^{4-1}$, se constata aparitia fenomenului de interferenta a efectelor si anume în cazul interactiunilor x_ix_j ($i \neq j$, i,j = 1, 2, 3, 4).

Din acest motiv coloanele interactiunilor x_1x_2, x_1x_3 si x_1x_4 sunt identice, respectiv, cu coloanele interactiunilor x_3x_4, x_2x_4 si x_3x_2, motiv pentru care, acestea din urma nu mai apar în modelul matematic (ecuatii de tip 9).

Calculul coeficientilor b_0, b_i (i-1,2,3,4), b_{ij} (i = 1,2,3,4, i = j) si b_{ii} (i = 1,2,3,4) se efectueaza cu ajutorul urmatoarelor relatii, luând în considerare structura coloanelor corespunzatoare din tabelele 10-13:

Tabelul 9

Organizarea experimentului pe baza unui subprogram P.O.2
Experiment organization

Parametrii de lucru					Rezultate experimentale				
Nr. pct., exp	Temp' °C	D.c. A/mp	Timp [s]	Cu, g/l	> 0.2mm, g	Vit. curgere, m/s	Dens. apar. g/cm³	<0.063, g	Masa tot. g
1	28	850	120	15	22,5	60	1,24	180,7	512
2	42	850	120	15	52,4	48	1,48	118,4	538
3	35	823	120	15	89,3	58	1,4	103,3	510
4	35	850	120	15	58,8	56	1,32	148,4	560
5	35	850	100	15	45,9	63	1,3	167,4	540
6	35	850	140	15	89,4	55	1,46	100,3	542
7	35	850	120	11	37	70	1,12	168	494
8	35	850	120	19	94	42	1,59	72,4	508
9	35	850	120	15	43,3	51	1,32	148,5	525
10	35	850	120	15	41,4	48	1,38	140,2	531
11	35	850	120	15	43,3	47	1,36	127,8	528

Tabelul 10

Matricea programului P.O.2 Fractia > 0.2
Program matrix. > 0,2 fraction

Nr. pct	x1	x2	x3	x4	x1x2	x1x3	x1x4	x'1'	x'2'	x'3'	x'4'	$\tilde{y}_1$	$\bar{y}_1$
1	-1	-1	-1	-1	+1	+1	+1	0,314	0,314	0,314	0,314	6,97	8,16
2	+1	-1	-1	+1	-1	-1	+1	0,314	0,314	0,314	0,314	8,89	9,27
3	-1	+1	-1	+1	-1	+1	-1	0,314	0,314	0,314	0,314	11,63	11,34
4	+1	+1	-1	-1	+1	-1	-1	0,314	0,314	0,314	0,314	8,79	8,79
5	-1	-1	+1	+1	+1	-1	-1	0,314	0,314	0,314	0,314	14,19	14,12
6	+1	-1	+1	-1	-1	+1	-1	0,314	0,314	0,314	0,314	8,50	8,50
7	-1	+1	+1	-1	-1	-1	+1	0,314	0,314	0,314	0,314	4,75	4,75
8	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	0,314	0,314	0,314	0,314	22,42	22,42
9	-1,353	0	0	0	0	0	0	1,145	-0,69	-0,686	-0,686	4,39	4,39
10	1,353	0	0	0	0	0	0	1,145	-0,69	-0,686	-0,686	8,68	9,74
11	0	1,353	0	0	0	0	0	-0,69	1,145	-0,696	-0,686	15,50	17,50
12	0	-1,353	0	0	0	0	0	-0,69	1,145	-0,686	-0,686	11,68	10,50
13	0	0	-1,353	0	0	0	0	-0,69	-0,69	1,145	-0,686	9,36	8,50
14	0	0	1,353	0	0	0	0	-0,69	-0,69	1,145	-0,686	14,78	16,49

Tabelul 10 (continuare)

Matricea programului P.O.2 Fractia > 0.2
Program matrix. > 0.2 fraction

Nr. pct	x1	x2	x3	x4	x1x2	x1x3	x1x4	x'1'	x'2'	x'3'	x'4'	$\tilde{y}_1$	$\bar{y}1$
15	0	0	0	-1,353	0	0	0	-0,69	-0,69	-0,686	1,145	7,70	7,49
16	0	0	0	1,353	0	0	0	-0,69	-0,69	-0,686	1,145	17,47	18,50
17	0	0	0	0	0	0	0	-0,69	-0,69	-0,686	-0,686	11,36	9,58

Tabelul 11

Matricea programului P.O.2 Viteza de curgere
Program matrix. Flow rate

Nr. pct	x1	x2	x3	x4	x1x2	x1x3	x1x4	x'1'	x'2'	x'3'	x'4'	$\bar{y}2$	$\tilde{y}_2$
1	+1	-1	-1	+1	-1	-1	+1	0,314	0,314	0,314	0,314	59,00	58,05
2	-1	-1	-1	-1	+1	+1	+1	0,314	0,314	0,314	0,314	64,00	65,19
3	-1	+1	-1	+1	-1	+1	-1	0,314	0,314	0,314	0,314	47,00	47,72
4	+1	+1	-1	-1	+1	-1	-1	0,314	0,314	0,314	0,314	70,50	71,67
5	-1	-1	+1	+1	+1	-1	-1	0,314	0,314	0,314	0,314	42,00	41,43
6	+1	-1	+1	-1	-1	+1	-1	0,314	0,314	0,314	0,314	75,00	74,85
7	-1	+1	+1	-1	-1	-1	+1	0,314	0,314	0,314	0,314	55,50	57,05
8	+1	+1	+1	+!	+1	+!	+1	0,314	0,314	0,314	0,314	50,50	49,91
9	1,353	0	0	0	0	0	0	1,145	-0,69	-0,686	-0,686	60,00	60,63
10	-1,353	0-1,353	0	0	0	0	0	1,145	-0,69	-0,686	-0,686	48,00	46,07
11	0	-1,353	0	0	0	0	0	-0,69	1,145	-0,686	-0,686	58,00	55,85
12	0	0	0	0	0	0	0	-0,69	1,145	-0,686	-0,686	56,00	54,12
13	0	0	-1,353	0	0	0	0	-0,69	-0,69	1,145	-0,686	63,00	64,00
14	0	0	1,353	0	0	0	0	-0,69	-0,69	1,145	-0,686	55,00	55,06
15	0	0	0	-1,353	0	0	0	-0,69	-0,69	-0,686	1,145	70,00	67,46
16	0	0	0	1,353	0	0	0	-0,69	-0,69	-0,686	1,145	42,00	43,24
17	0	0	0	0	0	0	0	-0,69	-0,69	-0,686	-0,686	51,00	53,83

Tabelul 12

Matricea programului P.O.2 Densitate aparenta
Program matrix. Bulk density

Nr. pct	x1	x2	x3	x4	x1x2	x1x3	x1x4	x'1'	x'2'	x'3'	x'4'	$\bar{y}_3$	$\tilde{y}_3$
1	+1	-1	-1	+1	-1	-1	+1	0,314	0,314	0,314	0,314	1,27	1,25
2	-1	-1	-1	-1	+1	+1	+1	0,314	0,314	0,314	0,314	1,20	1,24
3	-1	+1	-1	+1	-1	+1	-1	0,314	0,314	0,314	0,314	1,45	1,44
4	+1	+1	-1	-1	+1	-1	-1	0,314	0,314	0,314	0,314	96	0,95
5	-1	-1	+1	+1	+1	-1	-1	0,314	0,314	0,314	0,314	1,55	1,57
6	+1	-1	+1	-1	-1	+1	-1	0,314	0,314	0,314	0,314	1,04	1,05
7	-1	+1	+1	-1	-1	-1	+1	0,314	0,314	0,314	0,314	1,26	1,21
8	+1	+1	+1	+!	+1	+!	+1	0,314	0,314	0,314	0,314	1,44	1,48
9	1,353	0	0	0	0	0	0	1,145	-0,69	-0,686	-0,686	1,24	1,23
10	-1,353	0-	0	0	0	0	0	1,145	-0,69	-0,686	-0,686	1,48	1,47
11	0	-1,353	0	0	0	0	0	-0,69	1,145	-0,686	-0,686	1,40	1,36
12	0	1,353	0	0	0	0	0	-0,69	1,145	-0,686	-0,686	1,32	1,34
13	0	0	-1,353	0	0	0	0	-0,69	-0,69	1,145	-0,686	1,30	1,30
14	0	0	1,353	0	0	0	0	-0,69	-0,69	1,145	-0,686	1,46	1,44
15	0	0	0	-1,353	0	0	0	-0,69	-0,69	-0,686	1,145	1,12	1,13
16	0	0	0	1,353	0	0	0	-0,69	-0,69	-0,686	1,145	1,59	1,56
17	0	0	0	0	0	0	0	-0,69	-0,69	-0,686	-0,686	1,38	1,42

Tabelul 13

Matricea programului P.O.2 Fractia < 0,063
Program matrix. < 0.063 fraction

Nr. pct	x1	x2	x3	x4	x1x2	x1x3	x1x4	x'1'	x'2'	x'3'	x'4'	$\bar{y}_4$	$\tilde{y}_4$
1	+1	-1	-1	+1	-1	-1	+1	0,314	0,314	0,314	0,314	29,43	30,36
2	-1	-1	-1	-1	+1	+1	+1	0,314	0,314	0,314	0,314	12,85	9,02
3	-1	+1	-1	+1	-1	+1	-1	0,314	0,314	0,314	0,314	15,67	15,74
4	+1	+1	-1	-1	+1	-1	-1	0,314	0,314	0,314	0,314	22,37	21,40
5	-1	-1	+1	+1	+1	-1	-1	0,314	0,314	0,314	0,314	16,07	17,16
6	+1	-1	+1	-1	-1	+1	-1	0,314	0,314	0,314	0,314	25,55	25,62
7	-1	+1	+1	-1	-1	-1	+1	0,314	0,314	0,314	0,314	26,71	30,66
8	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	0,314	0,314	0,314	0,314	24,85	24,04
9	1,353	0	0	0	0	0	0	1,145	-0,69	-0,686	-0,686	35,29	31,00
10	-1,353	0	0	0	0	0	0	1,145	-0,69	-0,686	-0,686	22,01	26,32
11	0	-1,353	0	0	0	0	0	-0,69	1,145	-0,686	-0,686	20,25	21,75
12	0	1,353	0	0	0	0	0	-0,69	1,145	-0,686	-0,686	25,50	25,03
13	0	0	-1,353	0	0	0	0	-0,69	-0,69	1,145	-0,686	31,00	28,21
14	0	0	1,353	0	0	0	0	-0,69	-0,69	1,145	-0,686	18,50	21,31
15	0	0	0	-1,353	0	0	0	-0,69	-0,69	-0,686	1,145	34,012	31,26
16	0	0	0	1,353	0	0	0	-0,69	-0,69	-0,686	1,145	14,25	17,02
17	0	0	0	0	0	0	0	-0,69	-0,69	-0,686	-0,686	28,28	28,24

Tabelul 14

Valorile pentru testare cu criteriul Fischer
Test values for Fischer criterion

Ecuatia	s_0^2	s_{conc}^2	F_c	F_T
15	0,863	3 785	4 49	19 33
16	4 33	6,62	1 53	19 33
17	9,33 • 10	2,32 • 10	2 49	19 33
18	4 17	21 25	5 09	19 33

$$b_0 = (1/N)\sum_{u=1}^{N} y_u \quad , \quad N = 17 \qquad (10)$$

$$b_i = (\sum_{u=1}^{N} x_{iu}\, y_u) / (\sum_{u=1}^{N} x_{iu}^2) \quad , i = 1, 2, 3, 4, \qquad (11)$$

$$b_{ij} = (\sum_{u=1}^{N} x_{iu}\, x_{ju}\, y_u) / [\sum_{u=1}^{N} (x_{iu}\, y_{ju})^2], \; i = 1, 2, 3, 4$$

$$i = j \qquad (12)$$

$$x_{iu} = x_{iu}^{\,2} - (1/N) / \sum_{i=1}^{N} x_{iu}^2 = x_{iu}^2 - 0{,}686 \qquad (13)$$

$x_i^2 = 0{,}686$, conform tabelelor 10 - 13)

Efectuarea calculelor conform relatiilor (10) - (13) a dus la obtinerea urmatoarelor dependente analitice sub forma unor ecuatii de gradul doi, de patru variabile, ce alcatuiesc noul model matematic al procesului studiat:

$$\tilde{y}_1 = 11{,}36 + 1{,}50x_1 + 1{,}41x_2 + 2x_3 + 3{,}61x_4 + 2{,}42x_1x_2 + 1{,}73x_2x_4 + 0{,}27x_1x_4 - 2{,}57x_1^2 + 1{,}22x_2^2 + 0{,}39x_3^2 + 0{,}67x_4^2 \qquad (14)$$

$$\tilde{y}_2 = 53{,}83 + 5{,}38x_1 - 1{,}64x_2 - 2{,}43x_3 - 8{,}95x_4 - 1{,}19x_1x_2 + 1{,}19x_2x_4 - 0{,}69x_1x_4 - 0{,}26x_1^2 + 1{,}37x_2^2 + 2{,}47x_3^2 + 0{,}83x_4^2 \qquad (15)$$

$$\tilde{y}_3 \cdot 100 = 142 - 9{,}21x_1 + 0{,}5x_2 + 5{,}37x_3 + 16{,}17x_4 + 3{,}375x_1x_2 + 2{,}875x_2x_4 + 2{,}125x_1x_4 - 3{,}84x_1^2 - 3{,}84x_2^2 - 2{,}74x_3^2 - 4{,}11x_4^2 \qquad (16)$$

$$\tilde{y}_4 = 28{,}24 - 1{,}73x_1 + 1{,}21x_2 + 2{,}55x_3 - 6{,}26x_4 + 1{,}49x_1x_2 + 2{,}19x_2x_4 + 1{,}77x_1x_4 + 0{,}23x_1^2 - 2{,}65x_2^2 - 1{,}9x_3^2 + 2{,}44x_4^2 \qquad (17)$$

Concordanta dintre model [ecuatiile (14) - (17)] si datele experimentale s-a efectuat cu ajutorul criteriului Fischer, obtinându-se rezultatele din tabelul 14. [3]

Deoarece toate ecuatiile modelului matematic concorda cu datele experimentale, acesta este adecvat procesului studiat.

Concluzii

In prima parte a lucrarii s-a determinat un model matematic liniar al procesului de obtinere electrolitica a pulberii de cupru pe baza unui subprogram E.F.F_2^{4-1}

Modelul matematic obtinut pe baza acestui program nefiind adecvat, s-a tras concluzia ca s-a ajuns în domeniul optimului, si în continuare s-a trecut la un model matematic neliniar, experimentarea facându-se pe baza unui program ortogonal P.O.2.

Modelul rezultat pe baza acestui program, la testare s-a dovedit adecvat si s-a utilizat în scopuri de optimizare.

BIBLIOGRAFIE

[1] **Taloi D.**: Optimizarea proceselor tehnologice. Editura Academiei R.S.R., Bucuresti, 1987

[2] **Constantin I.**: Metalurgia cuprului. Litografia I.P.B., Bucuresti, 1989, vol. II

[3] **Taloi D., Florian E., Bratu C., Berceanu E.**: Optimizarea proceselor metalurgice. E.D.P., Bucuresti, 1983

REVISTA REVISTELOR

IMONO, JAPONIA, 1993, Nr.5

- *Imbinarea prin difuzie a Si_3N_4 cu otelul carbon folosind material intermediar pe baza de Cu, p.370*
- *Caracteristicile de gaurire adânca a fontei maleabile revenite austenitic cu câteva tipuri de scule, p.376*
- *Rezistenta la eroziune cu nisip a fontelor albe cu crom, turnate, nitrurate ionic, p.388*
- *Proprietatile si testarea unei forme la care se foloseste ca liant coca, p.394*
- *Efectul duratei de curatire cu ultrasunete asupra absorbtiei albastrului de metil de catre bentonita din amestecul de formare crud, p.401*
- *Efectul continutului de carbon asupra microstructurilor intermediare si durificate prin iradiere cu laser a otelului carbon, p.403*

TABLE DIN OTEL PLACATE

Dr.ing. Florea Strugari, ing. Dumitru Plesa - S.C.SIDEX S.A. Galati,
ing. Mihai Sandru - S.C. ICPPAM S.A. Galati,
ing. Gh. Moraru - S.C. SIDEX S.A. Galati,
ing. Tudosie Florin - S.C. ICEM S.A. Bucuresti

C.Z.: 621.793

Introducere

Tehnologia de placare în domeniul metalurgiei, presupune îmbinarea a doua sau mai multe materiale metalice, în straturi de o anumita grosime sub forma de produse ce se supun ulterior prelucrarii în stare rece sau calda.

Interesul tot mai mare al constructorilor pentru materialele metalice placate se bazeaza pe avantajele tehnico-economice ale acestora. In industria alimentara, petrochimica, energetica, nucleara, parametrii de exploatare (presiune, temperatura) sunt într-o continua crestere, antingând valori greu de prevazut cu câtiva ani în urma. In multe cazuri, parametrii de lucru în procesele de distilare si reactii chimice cu randamente ridicate, au crescut considerabil. Toate acestea au dus la cresterea grosimii peretilor instalatiilor, la marirea consumului de oteluri aliate si înalt aliate cu nichel, crom, molibden, niobiu, vanadiu si alte elemente scumpe si deficitare. Dar principalele preocupari ale producatorilor ramân; economia de materiale si asigurarea unei fiabilitati deosebit de înalte. Toate aceste cerinte pot fi satisfacute mai usor si mai economic prin utilizarea materialelor metalice placate.

Descrierea tehnologiei de placare

Realizarea produselor metalurgice, din mai multe straturi, care trebuie sa realizeze un ansamblu de proprietati dorite, a început în urma cu mai bine de 40 ani, o data cu dezvoltarea unor tehnici speciale, neconventionale pentru industria metalurgica.

In prezent, bimetalele prezinta solutia tehnica si economica cea mai convenabila pentru rezolvarea problemelor legate de coroziune, rezistenta, conductibilitate electrica si termica, alte combinatii de proprietati si caracteristici.

Dupa calitatea si utilizarea lor, materialele placate se pot împarti, în linii mari, în: anticorozive si de antifrictiune, rezistente la uzura, termobimetalice etc. Cele mai utilizate bimetale sunt otelurile placate cu metale si aliaje anticorozive, inoxidabile si refractare, fabricate sub forma de table si mai putin sub forma de benzi, tevi si sârma.

In tarile cele mai puternic dezvoltate industrial se produce o gama foarte larga de produse bimetalice, cu utilizari în cele mai diverse domenii. Astfel în S.U.A., tablele placate cu otel inox se folosesc cu succes la constructia buncarelor, benelor sau chiblelor pentru carbuni. In Germania se produc table placate din otel, cu otel inoxidabil austenitic, pentru cazane, cu utilizari în domeniul de temperatura 400-1000°C. Firma KLOKNER STAHL Gmbh produce banda laminata la rece (PLATIONX) cu grosime de 1 mm, placate pe ambele fete, grosimea totala a stratului placat obtinut fiind de aproximativ 0,6 mm. In Franta, principalul producator de table placate este firma CREUSOT - LOIRE INDUSTRIE, unde produsele obtinute prin placare reprezinta aproximativ 90% din productia de tabla.

Tablele placate se utilizeaza aproape în toate domeniile industriale. In industria nucleara se folosesc la constructia rezervoarelor de injectare a borului, a placilor tubulare pentru condensatori etc.

In industria petrochimica se foloseste la constructia unor parti componente ale instalatiilor de hidrocracare, hidrosulfulare, rafinare, schimbatoare de caldura. Printre alte utilizari ale acestor produse se mai pot enumera utilajele si instalatiile pentru industria chimica, alimentara, celuloza si hârtie. In România productia de tabla placata a cunoscut o dezvoltare redusa, principala cauza constituind-o faptul ca fabricatia se desfasoara mai mult în conditii de provizorat, în sectii cu profil variat, care împedica extinderea si realizarea unui flux rational de fabricatie. O alta cauza o constituie insuficienta cunoastere a avantajelor tehnico-economice ale acestor produse, cât si a posibilitatilor de fabricatie în tara, bazate (uneori) pe neîncrederea în calitatea produselor ce se pot realiza în industria siderurgica româneasca.

In cadrul Combinatul Siderurgic "SIDEX" S.A. din Galati s-au efectuat experimentari privind laminarea în tabla groasa si banda la cald si la rece a semifabricatelor placate la NITRAMONA S.A. Fagaras.

Rezultatele obtinute au confirmat posibilitatile de fabricatie a acestor produse pe dotarile existente.

Obtinerea tablelor triplex

Ca urmare a unei fructoase colaborari din cadrul ICEM, ICPPAM si SIDEX s-a cercetat si experimentat la nivel de laborator optimizând tehnologia la scara industriala de fabricatie a tablelor "TRIPLEX" destinate agriculturii, respectiv confectionarii cormanelor si antecormanelor de plug. Obiectivul s-a materializat prin:

- *verificarea practica, optimizarea si stabilirea tehnologiei de fabricatie propusa pe un lot de 16 sarje, experimentata pe fluxul Otelarie electrica, laminorul slebing si laminor de benzi la cald;*
- *realizarea miezurilor din otel de calitate OLC 10 prin procedeul de turnare continua a bramelor;*
- *pregatirea suprafetelor bramelor miez din otel de calitate OLC 10, pentru realizarea unei protectii contra oxidarii si marirea aderentei fata de otelul lichid;*
- *elaborarea si turnarea otelului lichid ce trebuia sa constituie straturile rezistente la uzura si abraziune, dupa pregatirea prealabila sau concomitenta a lingotierelor, ansamblurilor de turnare, a trenurilor de turnare si a turnarii lingourilor tip "triplex";*
- *racirea, striparea si receptia lingourilor tip "triplex";*
- *încarcarea si încalzirea lingourilor compuse, t... "triplex", în cuptoarele adânci de la laminorul Slebing în vederea laminarii în sleburi "triplex";*
- *laminarea pe laminorul slebing a lingourilor tip "triplex" în sleburi tip "triplex";*
- *tratament termic, racirea dirijata si receptia sleburilor tip "triplex";*
- *încarcarea si încalzirea sleburilor tip "triplex" în cuptoare cu propulsie ale laminorului de benzi la cald în vederea laminarii în banda "triplex";*
- *laminarea la cald a sleburilor "triplex" în banda "triplex" la dimensiunile comandate;*
- *tratament termic în flux a benzii "triplex" laminata la cald prin racire dirijata;*
- *ajustarea benzii "triplex" în table "triplex" prin taierea marginilor si debitarea la lungimi comandate;*
- *ambalarea, legarea, marcarea si încarcarea în mijloace de transport;*
- *expedierea la beneficiar.*

Concluzii

In anul 1993 s-au realizat 280 tone otel lingou tip "TRIPLEX" turnate în 32 de lingouri cu miez din OLC 10 iar straturile exterioare din OSC 7.

Scoaterea la beneficiari a fost de 96.3% rezultate foarte bune în comparatie cu 84% scoaterea pe tabla primita din URSS si 96% tabla primita din Austria.

In urmatorii ani exista premizele sa se extinda la 5000 t/an.

O alta preocupare a specialistilor de la SIDEX în colaborare cu Cercetarea are ca scop studierea si cercetarea posibilitatilor teoretice si practice la scara semiindustriala, realizarea de benzi laminate la cald si la rece placate cu otel inoxidabil - destinate ambutisarii. Cercetarile întreprinse s-au materializat prin:

- » obtinerea de semifabricate placate cu otel inoxidabil prin procedee neconventionale, constituind materia prima necesara producerii de benzi laminate la cald placate cu otel inoxidabil.
- » obtinerea de benzi laminate la cald placate cu otel inoxidabil din semifabricate;
- » relaminarea benzilor placate cu otel inox laminate la cald în banda laminata la rece (sub 3mm), destinate ambutisarii;
- » realizarea unor repere prin ambutisare.
- » Produsul realizat: tabla subtire placata cu otel inoxidabil.
  - *Calitatea: A5/W 1.4541*
  - *Dimensiuni: 1,5 x 1200 x 2000 si 1,5 x 1300 x 2000 mm*
  - *Proportionalitatea straturilor: 90% - 10%.*
  - *Domeniul de aplicare: industria alimentara, industria petrochimica, chimie (Ex. Recipienti de stocare si transport).*
  - *Efecte estimate: reducerea consumului de feroaliaje deficitar si diminuarea importurilor de feroaliaje.*

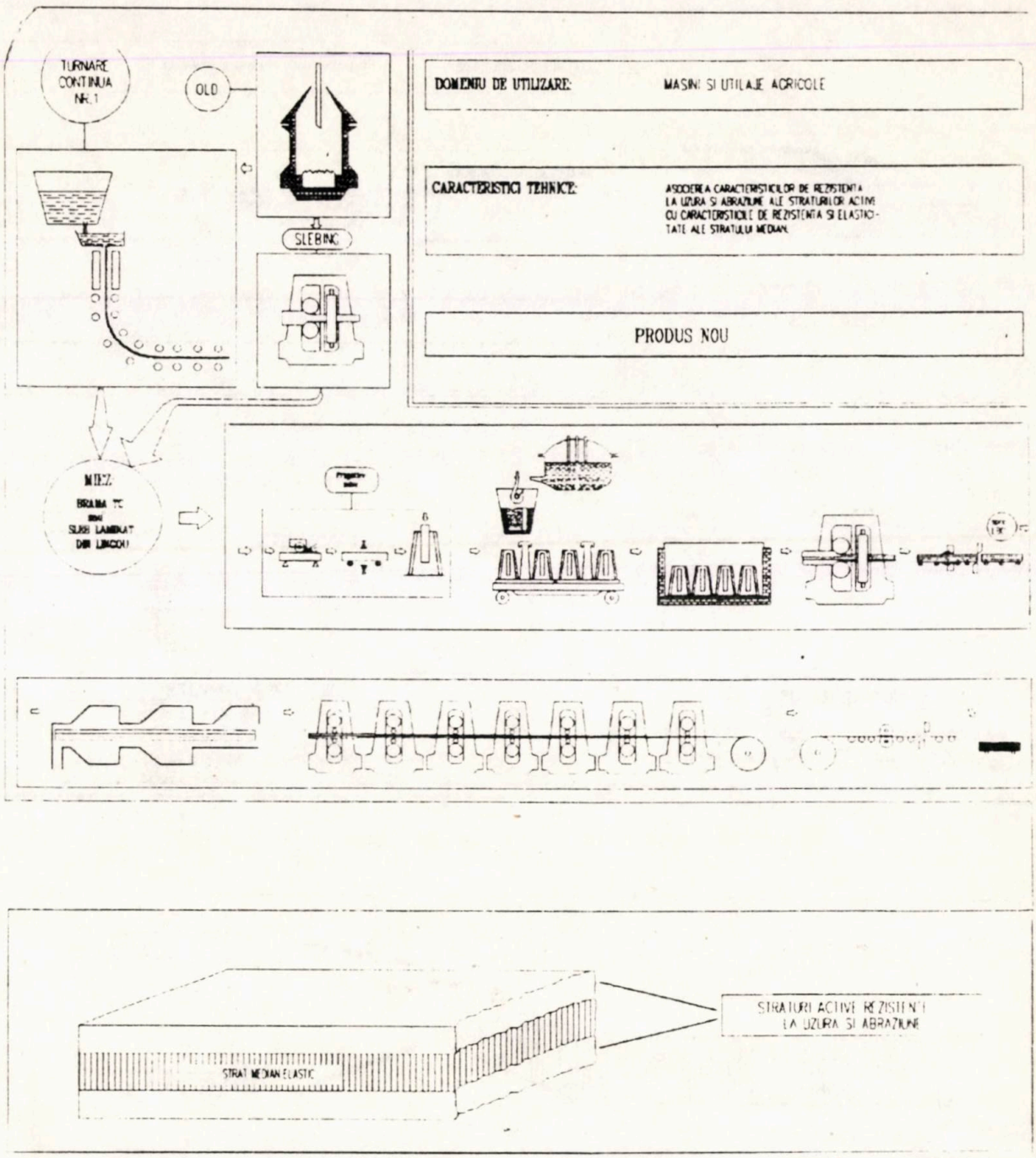
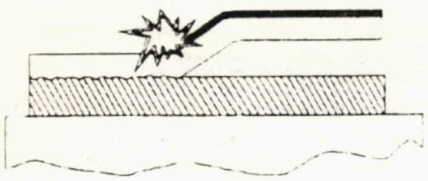

TURNARE CONTINUA NR. 1
OLD
SLEBING
DOMENIU DE UTILIZARE:
MASINI SI UTILAJE AGRICOLE
CARACTERISTICI TEHNICE:
ASOCIEREA CARACTERISTICILOR DE REZISTENTA LA UZURA SI ABRAZIUNE ALE STRATURILOR ACTIVE CU CARACTERISTICILE DE REZISTENTA SI ELASTICITATE ALE STRATULUI MEDIAN
PRODUS NOU
STRAT MEDIAN ELASTIC
STRATURI ACTIVE REZISTENTE LA UZURA SI ABRAZIUNE

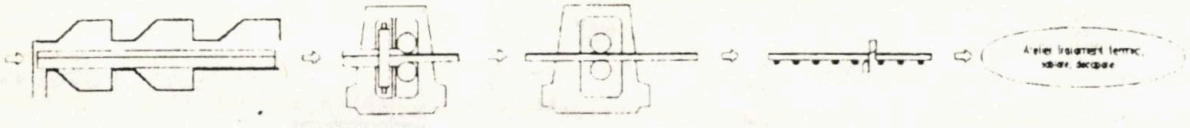
Fig. 1



DOMENIU DE UTILIZARE: INDUSTRIA CHIMICA, PETROCHIMICA, ALIMENTARA

CARACTERISTICI TEHNICE:
ASOCIEREA CARACTERISTICILOR DE REZISTENTA LA COROZIUNE ALE STRATULUI DE PLACARE CU CARACTERISTICILE DE REZISTENTA ALE STRATULUI DE BAZA

PRODUS NOU



COMBINATII DE PLACARE		DIMENSIUNI DE FABRICATIE
strat de baza:	oteluri carbon si slab aliate	g= (1 - 3) ÷ (9 - 47) mm
strat de placare:	oteluri inoxidabile	B= (1500 - 2000) mm
		L = (3000 - 12000) mm

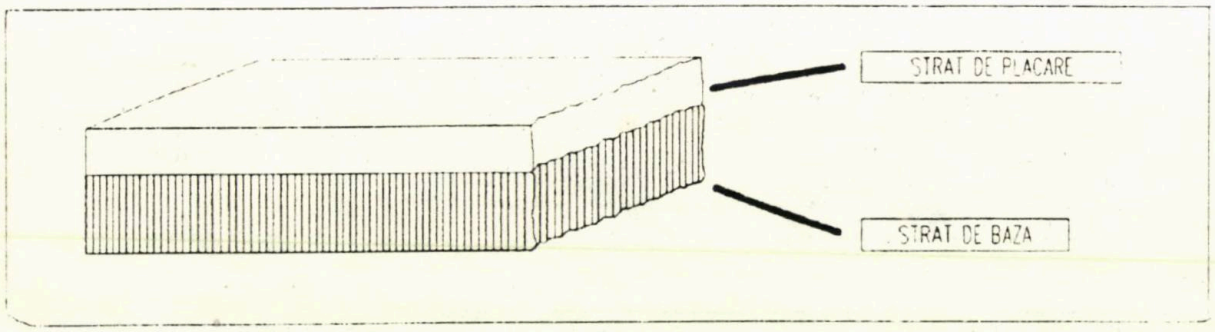


Fig. 2

CONSIDERATII PRIVIND LAMINAREA SI CALIBRAREA CILINDRILOR PENTRU PROFILE "U" NORMALE

(Partea I)

Doctorand ing. Gaspar Petrus S.C. Laminorul S. A Focsani

C.Z.: 621.77

Generalitati

In cele de mai jos autorul intentioneaza a prezenta:

» a) în prima parte câteva elemente teoretice de baza ce trebuie luate în seama la laminarea si calibrarea cilindrilor pentru profile normale tip U;

» b) în a doua parte elemente concrete folosite de autor la calibrarea cilindrilor pentru profile normale tip U din gama mijlocie, asimilate pe un laminor de profile mijlocii de tipul celui de la SC LAMINORUL SA FOCSANI

Grupa de laminare profile normale "U"

Conditiile tehnice de laminare si livrare a profilelor normale U sunt reglementate pe plan intern de STAS 564 iar pe plan extern de DIN 1026, GOST 8240, JIS G 3192, I S 808, etc. In general profilele U se folosesc in constructii sau intra in componenta unor subansamble ale constructiei de masini.

Având în vedere elementele constructive prezentate în figura 1 câteva din caracteristicile principale ale profilelor U conform normelor prezentate anterior, sunt aratate în tabelul nr.1.

Pentru gândirea tehnologici si a calibrarii este important sa se analizeze anumite caracteristici specifice profilului U luând de baza datele prezentate în tabelul nr.1. Se poate vedea ca pe masura ce se mareste numarul profilului, valoarea raportului b/h si d/h scade pentru normele tarilor europene reprezentate prin STAS, DIN si GOST si devine într-un fel aleatorie pentru normele tarilor asiatice respectiv JIS (norma japoneza) si IS (indian standard).

Referitor la suprafete, se poate observa ca în timp ce raportul suprafetei aripilor la suprafata totala pastreaza aceleasi tendinte (descrescatoare pentru STAS, DIN si GOST si aleatorii pentru JIS si IS) raportul dintre suprafata inimii si suprafata totala are o tendinta inversa, în sensul ca profilele laminate dupa STAS, DIN si GOST prezinta valori în crestere ale

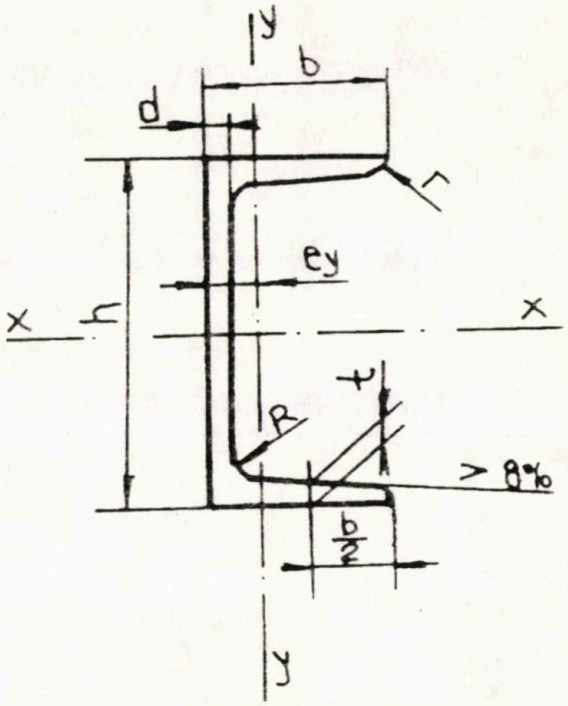


Fig. 1

Elemente constructive ale profilelor "U" normale
Structure elements of normal "U" shapes

acestui raport pe masura ce creste numarul profilului dar pastrând aceleasi valori aleatorii pentru JIS si IS.

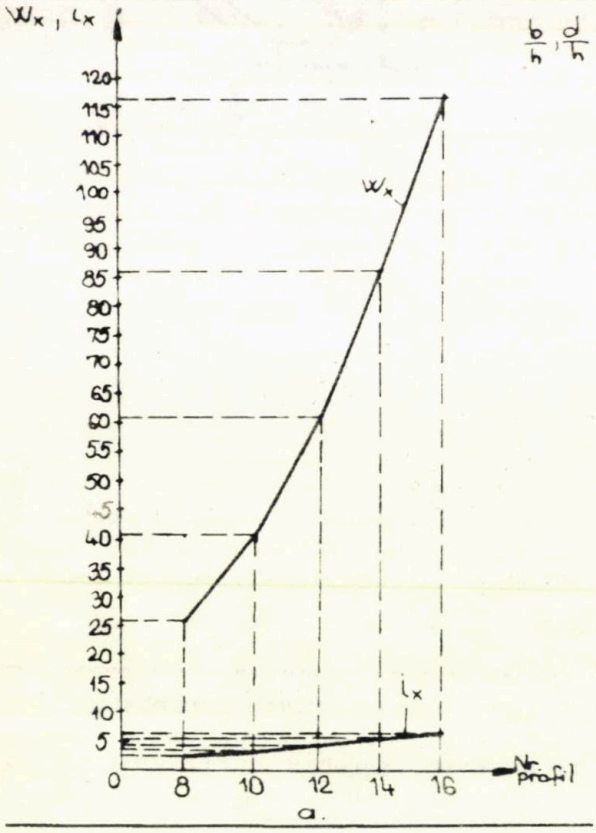
In timp ce raportul b/h este mai mare decât d/h în toate cazurile acelasi lucru se poate spune si despre raportul $\frac{Fc}{F}$ si $\frac{Fa}{F}$ ($\frac{Fc}{F} > \frac{Fa}{F}$)

Modificarea repartitiei metalului pe sectiunea profilului duce la cresterea momentului de rezistenta cu cresterea numarului de profil U dar nu proportional cu cresterea greutatii profilului. Acestea sunt prezentate si în graficul din figura 2. Datele prezentate în tabelul 1 si graficul din figura 2 sunt elemente de analiza concrete ce trebuie avute în vedere la alegerea metodei de calibrare a coeficientilor de deformare si nu în ultimul rând la alegerea schemei de laminare.

Tabelul 1

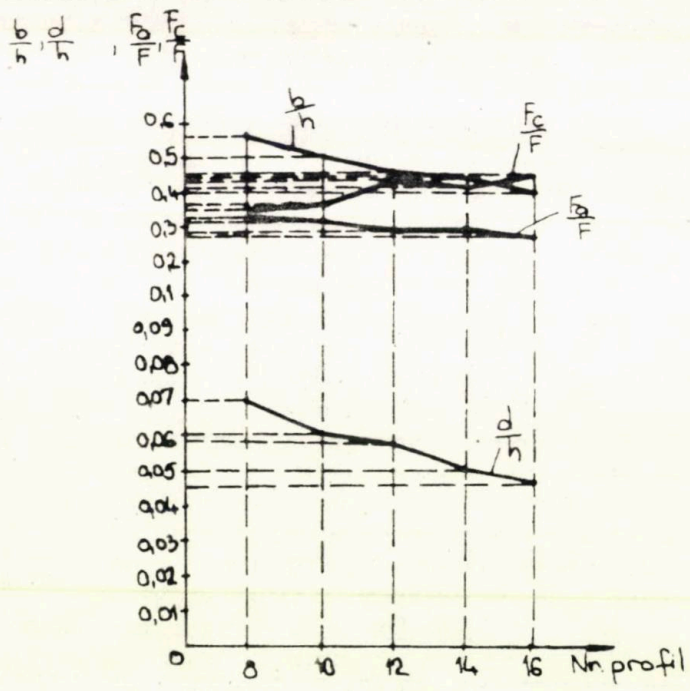
Caracteristici ale profilelor U normale dupa diverse norme
Normal "U" shape features to various standards

Norma	Simbolul profilului	Dimensiuni , mm			Marimi axe incovoiere		$\frac{b}{h}$	$\frac{d}{h}$	$\frac{Fa}{F}$	$\frac{Fc}{F}$
		h	b	d	Wx	ix				
STAS 564	U8	80	45	6.00	26,50	3,10	0.56	0,075	0.325	0.349
	U10	100	50	6.00	41,20	3,91	0.50	0.06	0.315	0.368
	U12	120	55	7.00	60,70	4,62	0.45	0.058	0.29	0.42
	U!14	140	60	7.00	86,40	5,45	0.42	0.05	0.29	0.411
	U16	160	65	7,50	116,00	6,21	0,40	0,046	0.282	0.434
DIN 1026	U80	80	45	6,00	26,50	3,10	0.56	0,075	0.325	0.349
	U100	100	50	6.00	41,20	3,91	0.50	0.06	0.315	0.368
	U120	120	55	7,00	60,70	4,62	0.45	0.058	0.29	0.42
	U!140	140	60	7.00	86,40	5,45	0.42	0.05	0.29	0.411
	U160	160	65	7,50	116,00	6,21	0,40	0,046	0.282	0.434
GOST 240	U8	80	40	4.50	22,50	3,16	0.50	0.056	0.336	0.326
	U10	100	46	4.50	34,90	3,99	0.46	0.045	0.324	0.350
	U12	120	52	4.80	50,80	4,79	0.43	0.04	0.311	0.376
	U!14	140	58	4.90	70,40	5,61	0.41	0.035	0.305	0.388
	U16	160	64	5.00	93,80	6,44	0.40	0.031	0.302	0.395
JIS. G. 3192	100 x 50	100	50	5,00	37,80	3,98	0.50	0.05	0.321	0.356
	125 x 65	125	65	6,00	68,00	4,99	0.52	0,048	0.308	0.382
	150 x 75	150	75	6,50	115,00	6,04	0,50	0.043	0.321	0.356
J.S. 808	MC100	100	50	5,00	38,50	3,98	0,50	0.05	0.326	0.346
	MC125	125	565	5,30	68,10	4,39	0.52	0.042	0.327	0.344
	MC125	125	66	6.00	69,60	5,00	0,.52	0,048	0.313	0.373
	MC150	150	75	5,70	105,00	6,10	0,50	0,038	0.323	0.353
	MC150	150	76	6,50	108,00	6,02	0,50	0,043	0.310	0.379



a.

2a



2b

Fig. 2
Caracteristici ale profilelor "U" normale dupa diverse norme
Normal "U" shape features to various standards

Metode de calibrare folosite la laminarea profilelor U

In general diversele metode de calibrare existente se pot grupa în trei metode:

- *calibrarea dupa sistemul I*
- *calibrarea cu aripi înclinate*
- *calibrarea cu aripi desfasurate*

Metoda de calibrare dupa sistemul I

Caracteristica acestei metode consta în faptul ca utilizeaza calibre comune degrosisoare si intermediare pentru aceleasi dimensiuni de profile I si U, iar acest lucru duce la diminuarea parcului de cilindri ce ar putea duce la scaderea eforturilor financiare ale societatilor ce lamineaza acest profil.

In acest caz se adopta coeficienti de reducere valabili pentru profile I ceea ce duce la laminarea profilului U cu coeficienti mari pe aripile false (nejustificati în conditii normale), acest fapt ducând la deplasarea materialului metalic din aripile false în aripile normale si inima. Rezulta inconveniente majore cum ar fi:

- *consum mare de energie*
- *instabilitatea la laminare*
- *calitate îndoielnica*
- *semifabricat priza cu înaltime mare*
- *consum ridicat de cilindri datorita înclinarilor mici aplicate*
- *uzuri pronuntate de cilindri pentru calibrele degrosisoare.*

Toate acestea nu mai recomanda sa fie aplicata aceasta metoda.

Metoda de calibrare cu aripi înclinate

In cadrul acestei metode toate calibrele cu exceptia celui finisor (care trebuie sa aiba o configuratie ce trebuie sa se încadreze în norma dupa care se realizeaza) au deschideri mari variind între 10-25%, adica 60 si 140. Acest lucru prezinta marele avantaj ca la restrunjire pierderile sunt scazute, înclinarea destul de mare permitând realierea calibrului dupa restrunjire cu o diminuare minima a diametrului initial. Reducerile aplicate sunt mult mai mari decât la metoda I ceea ce reduce în mod substantial numarul de treceri.

Metoda de calibrare cu aripi desfasurate

Principiul de baza al cestei metode consta în înlocuirea succesiva a laminatului în sensul laminarii.

Principalele avantaje ale metodei:

- *înaltimea mica a calibrului, asigura o adâncime mica a lui în cilindri si deci o rezistenta a cilindrilor;*
- *posibilitatea aplicarii de reduceri mari cu consecinte în reducerea numarului de treceri, reducerea consumului de energiei si a consumului de cilindri.*

Dezavantaje:

- fundamentarea teoretica precara a calculelor de dimensionare a calibrelor;
- reglarea greoaie a liniei datorita posibilitatilor reduse de centrare a laminatului prin armaturi.

Particularitati ale laminarii profilelor normale "U"

In general se pot face similitudini între calibrarea cilindrilor pentru profile I si cea pentru profile U principiile de baza ale calibrarii si implicit ale deformarii având multe elemente comune si unele fiind chiar identice. Un element esential diferit fata de calibrarea profilelor I este faptul ca daca la profilele I se alterneaza succesiunea calibrelor aripilor deschise si închise la calibrarea profilului U se foloseste succesiv numai calibre deschise fiind posibila de asemenea utilizarea si a altor tipuri de calibre intermediare ca aspect. In functie de utilajul existent, puterea motoarelor de actionare, calitatea materialului laminat, calibrorul are libertatea de a alege caile si metodele adecvate pentru obtinerea profilului finit având ca tel urmatoarele obiective:

- *productivitatea marita*
- *consum de energie scazut*
- *consum de cilindri scazut*
- *calitate buna a produsului*

Totusi, fata de calibrarea pentru profilele I la calibrarea cilindrilor pentru profile U se pot avea în vedere urmatoarele aspecte:

- **a)** folosirea aripilor false în toate calibrele degrosisoare si intermediare în scopul asigurarii unei plasticitati ridicate,
- **b)** deformarea de baza se realizeaza prin reducerile aplicate aripilor, ceea ce duce la

reducerea numarului de treceri fata de laminarea profilelor I ;

» c) se lucreaza de regula numai în calibre deschise, prezenta aripilor false în acest caz fiind esentiala;

» d) nefiind folosibila, o alternanta a deschiderilor calibrelor sus-jos în sensul laminarii se utilizeaza calibre de control a aripii care de regula pot fi doua, sau în functie de abilitatea calibrorului, chiar unul (în acest caz se reduce numarul de treceri cu una). Acestea sunt calibre de configuratie diferita de a celorlalte calibre;

» e) pentru calibrul anterior calibrului de control, calculele sunt diferite partial, în special la partea ce trateaza reducerea aripii. Acest lucru este dictat în special de conditiile de deformare din acest calibru si de evitarea producerii de bavuri sau împaturiri;

» f) latirile calculate identice cu cele ale profilului I nu s-au dovedit viabile în practica. Faptul ca profilele U se lamineaza în calibre cu deschidere constanta duce la ideea ca latimea trebuie sa fie mai mare decât cea rezultata din calcule. Calibrorul va avea în vedere elemente din experienta sa si din conditiile specifice de laminare (utilaje, diametru cilindrii, viteze de laminare si continutul de carbon al materialului metalic laminat) pentru determinarea latirii;

» g) diferentierea calculelor de calibrare functie de forma semifabricatului de pornire (care poate fi profilat dreptunghiular sau patrat). Formulele adoptate depind esential de forma semifabricatului de pornire, un rol important în acest sens avându-l experienta calibrorului.

REVISTA REVISTELOR

IMONO, JAPONIA, 199?, Nr.6

- Rezistenta la oboseala si cea la uzura a aliajelor Zn-Al înalt - Cu înalt, p.457
- Caracteristicile de sinterizare a pulberilor de fonta de turnatorie solidificate rapid, p.462
- Comportarea la revenire a aliajelor eutectice Fe-Cr-Mo-B cu continut ridicat de C, solidificate rapid, p.468
- Proiectarea aliajelor în privinta microstructurii si a proprietatilor mecanice ale fontei maleabile în stare turnata, p.474
- Influenta cromului asupra precipitarii carburilor secundare în aliajele Fe-Cr-C, p.480
- Transformarile induse de tensiuni în asutenita reziduala si tensiunile remanente la polizarea si rectificarea fontei maleabile revenite austenitic, p.485
- Tratamentul termic al fontei maleabile revenite austenitic (FMRA), p.491
- Perfectionarea procesului cu evacuare minima de gaze si a procedeului de formare SV, p.499
- Folosirea FMRA la automobile, p.500

UNELE CONSIDERATII PRIVIND OPORTUNITATEA EXTINDERII GAMEI DE TRATAMENTE TERMICE APLICABILE FONTELOR CU GRAFIT SFEROIDAL DE TIP Fgn 450-5 SI Fgn Al

Ing.Gr. Dobrescu - S.C. MECANICA S.A. Mârsa

C.Z.: 621.7

Fontele cu grafit sferoidal normale sau speciale: antifrictiune, termorefractare (Fgn Al; Fr Si 5,5 Mg), constituie în prezent aliaje potentiale ca înlocuitoare a unor oteluri si aliaje neferoase grele (bronzuri), fapt remarcat prin tendinta mondiala si nationala de crestere a ponderii utilizarii lor în structura pieselor turnate folosite în constructia de masini. La stabilirea domeniului de utilizare a acestor aliaje factorii determinanti devin:

» forma grafitului (sferoidala) si cantitatea sa în masa structurii de baza, natura constituientilor structurii obtinuti prin aplicarea diverselor tipuri de tratamente termice, în corelare cu conditiile de rezistenta, solicitari mecanice, conditiile functionale si de exploatare a pieselor, care sa le confere durabilitati maxime si costuri minime în exploatarea produselor. Sub aspect economic, comparativ cu costurile pieselor din fonte cu grafit sferoidal se realizeaza la preturi de cost minime, excluzând prin compozitia lor chimica utilizarea de elemnete de aliere, scumpe si deficitare ca surse de aprovizionare. Forma si cantitatea grafitului sferoidal, precum si natura si ponderea constituientilor structurali din masa metalica de baza a acestor aliaje, constituind factorii determinanti ce confera acestor aliaje caracteristicile mecanice comparative cu ale aliajelor ce le pot înlocui, impune pregnant extinderea gamei de tratamente aplicabile în conditii industriale, particularizat în raport de conditiile de structuri si caracteristici mecanice impuse pieselor. Exemplificarea necesitatii corelarii caracteristicilor structurale si de rezistenta a acestor aliaje se poate remarca în cazul pieselor puternice solicitate mecanic, inclusiv în conditii de rezistenta la uzare, pentru care masa structurala de baza se impune a fi complet perlitica, sau ferito-perlitica cu pondere de min. (70- 80%) perlita, ponderea feritei fiind minima, iar Fe_3C libera neadmisibila. Din conditia remarcata se poate evidentia ca adoptarea tratamentelor temice ale pieselor din fonte cu grafit sferoidal, trebuie realizata în stricta corelare cu masa structurala de baza si caracteristicile mecanice determinate de aceasta, fata de solicitarile mecanice, conditiile functionale si de exploatare a pieselor, similar cu conceptul de dimensionare a pieselor din otel pe baza criteriului calibilitatii otelurilor. Prin similititudine cu conditiile de dimensionare a pieselor din otel pe baza criteriului calibilitatii rezulta necesitatea analizei diferentiate a pieselor, sub aspectele:

» naturii solicitarilor mecanice, remarcând solicitarea preponderenta, diferentierea solicitarilor în sectiunea transversala a pieselor (în cazul solicitarilor de tractiune si compresiune, solicitarile mecanice fiind constante în întreaga sectiune, fata de solicitarea de torsiune si încovoiere, inclusiv cu conditii de rezistenta la uzura la care solicitarile maxime sunt în straturile exterioare, în axa neutra a piesei, ele fiind aproximativ nule).

De asemenea în cazul pieselor implicând caracteristici mecanice mai mari decât cele conferite de structurile obtinute prin recoacerea de feritizare, dar asigurându-se si o tenacitate corespunzatoare, structura optima, ca si în cazul otelurilor, devine structura sorbitica, favorizând inclusiv cresterea rezistentei la oboseala. Din cele remarcate si experienta proprie a S.C. MECANICA S.A. în utilizarea pieselor din aceste aliaje, la fabricarea produselor din profilul sau (remorci, semiremorci, treilere, etc.), se constata pregnant necesitatea întreprinderii de studii si experimentari industriale în domeiul tratamentelor termice ale fontelor cu grafit sferoidal si atestarea prin revizuire a STAS-urilor cu includerea regimurilor de tratamente termice, structuri si caracteristici mecanice obtenabile si recomandari de utilizare pe baza structurarii pieselor în raport cu solicitarile mecanice si îndeplina corelare cu structurile ce corespund acestor conditii.

In prezent se poate remarca ca fiind prioritar studiul tratamentelor termice al acestor aliaje s-a axat în exclusivitate pe calire izoterma, tratamente termice ce impune dotarea specifica (bai de saruri), utilaj regasibil în exclusivitate în tratamentele termice ale sculariilor, motiv pentru care studiul a investigat tratamente termice ca:

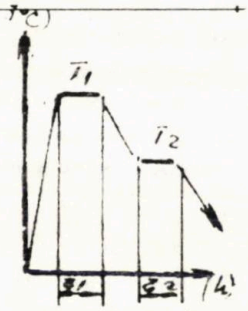
Tabelul 1

Compozitiile chimice ale Fgn 450 - 5 si Fgn Al studiate
Chemical analysis of investigated Fgn 450 - 5 and Fgn - Al

Calitate material	Compozitie chimica prescrisa si efectiva	Compozitie chimica, %							Obs.
		C	Mn	Si	Mg	Cu	S max	P max	
Fg n 450 - 5	Efectiva Valori medii uzuale	3,4	0,6	2,5	0,03	-	0,03	0,10	Compozitii corelate si cu grosimile
Fg n - A1	Conform STAS	2,8 - 3,5	0,5 - 1,2	1,8 - 2,5	0,03	0,3 - 0,7	0,03	0,15	Medii ale pieselor turnate fracvent
	Efectiva Valori medii uzuale	2,9	0,48	2,8	0,045	0,5	0,02	0,012	

Tabelul 2

Diagrame de tratamente termice si parametrii tehnologici
Heat treatment diagrams and process parameters

Nr. crt.		Diagrama generala de tratament termic	Parametri tehnologici				Mediu de racire
			T_1, °C	T_2, °C	τm_1, h	τm_2, h	aer
I	Recoacere feritizare		$950^{\pm 10}$	$700^{\pm 20}$	2	3	
II	Recoacere feritizare + îmbunatatire calire		$910^{\pm 10}$		1h ÷1h	1h ÷ 1h	ulei
	Revenire			$580^{\pm 10}$ $530^{\pm 10}$ $320^{\pm 10}$ $270^{\pm 10}$	25 mm grosime piesa dar nu mai mic de 2h	peste 25 mm grosime piesa dar nu mai mic de 2h	apa
III	Recoacere feritizare + îmbunatatire conf. pct. II + calire prin inductie		Conform diagrama pct. I Conform diagarma pct. II Functie de conditiile impuse piesei, frecventa, generator, factorii apa dimensionali si geometrici piesa				

normalizare, îmbunatatire, calire prin inductie, aplicabile în conditiile de dotari normale a activitatilor de tratamente termice. Astfel, la nivelul cerintelor proprii, experimentarile efectuate s-au facut în conditii normale de dotare, iar concluziile corespund urmatoarelor:

» Conditii de experimentare:- pe probe ϕ30 si piese din fonte cu grafit sferoidal de tip Fgn 450-5 si Fgn Al prelevate din diverse sarje, tratamentele termice facându-se în cuptoarele electrice cu sau fara agitarea mediului din spatiul de încalzire al cuptorului si fara atmosfera de protectie.

» Obiectivele principale urmarite prin experimentari au fost:

* *stabilirea parametrilor tehnologici de lucru pentru tratamentele de îmbunatatire, calire prin inductie si recoacere de normalizare. In cazul tratamentelor termice de îmbunatatire, temperaturile de revenire s-au stabilit prin similititudine cu cele experimentate prin studiile pentru calirea izoterma (2,3), diagramele de tratament termic, agregatele de încalzire fiind însa diferite, deci si masa de baza structurala obtenabila fiind diferita.*

Prin verificarile de laborator s-a urmarit prioritar caracteristicile mecanice si structurale obtenabile în raport de tipul de tratament termic aplicat.

Rezultatele experimentarilor si aplicarea uzuala a tratamentelor termice investigate duc la urmatoarele concluzii.

Tabelul 3

Caracteristici mecanice si structurale în raport de tratamentul termic aplicat
Mechanical and structural properties related to applied heat treatment

Calitate material	Tip tratament termic aplicat corelat cu tabelul 2	Constituienti structurali	Caracteristici mecanice aptenabile				OBS
			HB / HRC	Rm daN/mm^2	Rc daN/mm^2	A%	
Fgn 450 - 5	Recoacere	Ferita	156 - 170	45 - 50	30 - 32	11 - 15	
Fgn - A1	Feritizare	Ferita + perlita	180 - 190	50 - 55	35 - 38	11 - 15	
Fgn 450 - 5	Recoacere	Ferita + perlita 70 - 80%	280 - 310	75 - 90	52 - 58	1,4	
Fgn - A1	Normalizare	Perlita	300 - 320	80 - 90	55 - 60	1,4	
Fgn 450 - 5 Fgn - A1	Îmbunatatire cu revenire T = 580 $\pm 10\ ^0$C	Sorbita	320 - 260	60 - 65	42 - 45	5 - 7	
	T = 525 $\pm 10\ ^0$C	Sorbita	260 - 280	65 - 70	45 - 48	5 - 7	
	T = 320 $\pm 10\ ^0$C	Martensita de revenire	HRC 42 - 44	85 - 100	55 - 65	1,5 - 2	
	T = 275 $\pm 10\ ^0$C	Martensita revenire + trostita	HRC 44 - 46	100 - 110	65 - 70	1,2 - 1,5	
	T = 170 $\pm 10\ ^0$C	Martensita revenire	50 - 54			0,8 - 1	
Fgn 450 - 5 Fgn A1	Calire prin inductie cu revenire la 170^{0}C	- Strat calit prin inductie martensita revenire - Miez: corelat cu temperatura de revenire la îmbunatatire	42 - 45				

¤ *Compozitia chimica a aliajelor se mentine în principal aproximativ constanta, fontele de tip Fgn 450-5 si Fgn Al realizându-se din aceleasi sarje cu fontele cenusii prin modificarea în oala specifica de modificare din dotare, iar pentru Fgn AL, alierea cu cupru se face prin introducerea directa în oala de turnare, cuprul fiind în prealabil preîncalzit la (750-800) ^{0}C si este evidentiata în tabelul 1, compozitiile chimice efective reprezentând valori medii ale compozitiilor chimice curente ce tin de fapt seama si de influenta factorilor geometrici si dimensionali ai pieselor turnate curent.*

¤ *Tratamentele termice considerate secundare (îmbunatatire, calire prin inductie, normalizare) se aplica pieselor turnate dupa recoacerea de fertilizare realizata în prealabil.*

Diagramele de tratamente termice si parametrii tehnologici sunt evidentiate în tabelul 2.

Pentru tratamentul termic de îmbunatatire timpii de mentinere pe palierele diagramei pentru calire (austenitice si revenire) corelat cu structurile si caracteristicile urmarite se stabilesc în raport cu sectiunea prin relatia:

$$\tau_m = 1\ h + 1h/25\ mm\ sectiune,\ dar\ nu\ mai\ mic\ de\ 2\ h.$$

Tratamentele termice cele mai frecvent aplicate în raport de cerintele proprii sunt îmbunatatirile cu revenire de la temperaturi de 530 ± 10^0 C la 580 ± 10^0C

Caracteristicile mecanice si structurale obtinute în raport cu tratamentul termic aplicat sunt remarcate în tabelul 3.

¤ *S-a remarcat ca în cazul fontelor antifrictiune Fgn-Al, caracteristicile mecanice dupa tratamentele termice investigate sunt supe-*

rioare fontelor cu grafit nodular Fgn 450-5, consecinta a adausului de cupru (0,3 - 0,7) %, cu influenta asupra cresterii si uniformizarii duritatii si a rezistentei mecanice, în limite de cca. (2-5)%.

¤ Pe baza experimentarilor efectuate, aplicarea curenta a tipurilor de tratamente termice prezentate, precum si a cracteristicilor structurale si mecanice remarcate ca rezultate frecvent realizate, se pot concluziona urmatoarele:

¤ Prin avantajele tehnico-economice remarcate la fontele cu grafit nodular, comparativ cu aliajele pe care le pot substitui, extinderea utilizarii lor devine conditionata inclusiv de extinderea gamei de tratamente termice ce se pot aplica acestor aliaje, pentru corelarea masei structurale de baza si caracteristicilor mecanice cu natura solicitarilor si conditiile de lucru ale pieselor în exploatare.

¤ Economic se asigura premisele reducerii costurilor produselor, comparativ cu costurile materialelor ce le pot înlocui, inclusiv excluderea unor elemente de aliere deficitare (caz înlocuire bronzuri).

¤ Extinderea gamei de tratamente termice aplicabile acestor aliaje, impune corelarea tratamentelor termice cu dotarile normale în conditii industriale, evitându-se utilajele specifice altor domenii de tratamente termice (caz bai saruri pentru tratamente termice scule).

¤ Extinderea si generalizarea tratamentelor termice implica revizuirea STAS-urilor actuale si introducerea în continutul lor a parametrilor regimurilor de lucru, caracteristici mecanice si structurale, recomandari de utilizare pe baza structurii pieselor în raport de solicitarile mecanice, conditii functionale si chiar în raport cu factorii geometrici si dimensionali ai pieselor, ce pot influenta procesul de nodulizare si masa structurala de baza în stare turnata.

¤ Studiile de asimilare a tratamentelor termice pentru aceste aliaje, similar cu conditiile de corelare a structurii cu solicitarile mecanice (criteriul calibilitatii otelurilor), impune respectarea stricta a corelarii remarcate si în acest caz masa metalica (structurala) obtinuta dupa tratament termic fiind factor de importanta deosebita, privind rezistenta si durabilitatea pieselor în exploatare.

REVISTA REVISTELOR

KAWASAKI STEEL TECHNICAL REPORT, JAPONIA, 1993, Nr.28

- *Mecanism de sinterizare a pieselor compactate crude pentru realizarea de blocuri carbonice de mare densitate, p.5*
- *Comportarea la deformare pe timpul sinterizarii a componentelor presate prin injectie de pulbere metalica în matrita, p.11*
- *Realizarea si utilizarea pulberii hexagonale din azotura de bor (h-BN) de înalta puritate, p.17*
- *Compozitul termoplastic armat cu fibre de sticla lungi, "KP-SHEET", p.26*
- *Agentul întaritor de beton, tip KFLOW GT, p.29*
- *Oxid de fier "KH-CP" pentru ferita moale de înalta calitate, p.32*
- *Substrat AIN cu conductivitate termica ridicata si produsele metalizate pe el, p.34*
- *Microfibre "TIBREX" pentru ranforsare, p.38*
- *Tendinte recente în domeniul materialelor de constructie, p.42*
- *Comportarea în constructii a profilelor HISLEND-H, p.50*
- *Efectele ranforsarii transversale de mare rezistenta asupra comportarii ductile a componentelor de beton armat*
- *realizarea buclelor Riverbon MULTISPIRAL HOOPS, p.56*
- *Realizarea panourilor exterioare din otel inox mat "SILVER SOFT", p.65*
- *Metoda de realizare si caracteristicile de penetrare ale prajinilor de foraj din teava de otel cu zgomot si vibratii reduse, p.65*
- *Utilizarea teoriei undei de tensiune la evaluarea capacitatii de sprijin a prajinilor din teava de otel, p.79*

CERCETARI EXPERIMENTALE PRIVIND DETERMINAREA CONTINUTULUI DE ELEMENTE PRIN METODA ACTIVARII CU NEUTRONI TERMICI ASUPRA MATERIILOR PRIME SI MATERIALE EXISTENTE PE FLUXUL DE FABRICATIE DIN COMBINATUL SIDERURGIC "SIDEX" S.A. GALATI

Prof.dr.Besliu Calin - Universitatea Bucuresti
Fiz.Agata Olariu - Fac.de Fizica Bucuresti
C.P. - I - Badica Teodor - IFIN Bucuresti
C.P. - II - Popescu Ion - IFIN Bucuresti
Asist. Antoaneta Ene - Univ. "Dunarea de Jos" Galati
Stud.an - IV - Strugari Catalin - Fac.de Fizica Bucuresti

C.Z.:543.42

Introducere

Cunoasterea compozitiei chimice a materiilor prime si materiale în procesele de elaborare a fontei si otelului asigura realizarea de produse plate cu puritate si proprietati fizico-mecanice ridicate în scopul utilizarii lor în constructia de masini, chimie, aeronautica, centrale nucleare si la fabricarea de autoturisme în România.

Studiul de fata stabileste conditiile specifice de aplicare a metodei de analiza prin activare cu neutroni termici pe probe specifice siderurgiei, minereuri de fier, pelete, fonte si oteluri:

- » prepararea probelor în vederea introducerii lor în recatorul nuclear;
- » stabilirea conditiilor de iradiere, dezintegrare si masura a radioactivitatii induse;
- » determinarea elementelor ce se pot releva în matricea de fier si a limitelor de sensibilitate.

Principiul analizei prin activare cu neutroni termici

Activarea cu neutroni termici este o metoda de analiza elementara bazata pe masurarea radiatiei caracteristice ale nucleelor formate prin activare cu neutroni. Nucleele stabile existente în proba de studiat, plasata într-un flux de electroni, capteaza neutroni putându-se transforma în nuclee radioactive. Prin radiatia caracteristica emisa, nucleele radioactive se pun în evidenta prin metoda obisnuita a spectrometriei nucleare. Astfel daca proba studiata ce contine si fier se introduce în reactor, o parte din nucleele izotopului de Fe 58, aflat într-o abundenta naturala de 0,31% în Fe vor suferi transformarea:

$$^{58}Fe + n \rightarrow {}^{59}Fe + \gamma$$

Nucleele de Fe 58 sunt radioactive, emitând raze gama caracteristice de 1099,3 keV si 1291,6 keV cu o perioada de înjumatatire de 44,6 zile. Aceste caracteristici sunt suficiente pentru determinarea calitativa si cantitativa a fierului din proba complexa de studiat, folosind un lant spectrometric gama. Masa m de fier în proba de masa M se calculeaza conform formulei:

$$m = \frac{A\ \lambda\ Se^{\lambda tc}}{NMo(\phi_{th}\sigma + \phi_{epi} I)(1 - e^{-\lambda tir})(1 - e^{-\lambda tm})}$$

unde:
N este numarul lui Avogadro
A - greutatea atomica
a - abundenta izotopului
λ - constanta de dezintegrare
ϕ_{th}, ϕ_{epi} - fluxul neutronilor termici si epitermici
σ - sectiunea eficace pentru reactia n, t
I - integrala de rezonanta
tir, tm, tc timpii de iradiere, masura si dezintegrare
S - suprafata fotopicului înregistrat în timpul de masura t

Metodica experimentala

S-a efectuat analiza prin activare cu neutroni a unor probe de minereu de fier, fonta, zgura si otel implicate în procesele metalurgice de la Combinatul Siderurgic "SIDEX" S.A.Galati. In tabelul 1 se prezinta lista probelor analizate. S-au prelevat probe în

cantitate de 10-90 mg, folosindu-se un cutit vidia când a fost cazul, pentru evitarea contaminarilor. Probele au fost introduse în saci curati de polietilena pura si iradiate la canalul "Posta pneumatica" al Reactorului VVR-S al IFIN de la Magurele. Iradierea probelor s-a efectuat în doua rânduri: o iradiere "scurta" de 20 sec.

Tabelul 1

Proba	Tip proba
1	Minereu Krivoi _ Rog
2	Minereu Australia
3	Pelete T. Magurele
4	Minereu Brazilia
5	Minereu Venezuela
6	Pelete Brazilia
7	Minereu India
8	Pelete CSI
9	Minereu Mozambic
10	Fonta
11	Zgura
S1	Otel
S2	Otel
S3	Otel
S4	Otel
S5	Otel

si o iradiere "lunga" de 3-4 ore.

Masurarea radioactivitatii induse în probe s-a efectuat cu ajutorul unui spectrometru gama, compus în principal dintr-un detector Ge(Li) ORTEC, convertor ADC CANBERRA si un microcalculator M110b cu interfata nucleara.

Rezolutia sistemului a fost de 3 keV la linia Cobaltului 60 de 1332,5 keV. In figurile 1-3 sunt prezentate rezultatele analizei prin activare si anume concentratiile elementelor depistate în probele siderurgice analizate. Concentratiile sunt date în ppm (parti per milion), iar când se depaseste 10000 ppm = 1%, rezultatul este afisat în procente. Eroarea instrumentala este de sub 10%, iar când elementul cautat a fost sub limita data de prezenta fondului, se da o limita de sensibilitate.

O interpretare calitativa a rezultatelor indica o aglomerare în zgura a elementelor samariu, lantan si scandiu.

Se remarca prezenta arseniului în peletele de la Turnu Magurele care se transmite si în oteluri, probele S1 - S5; astfel ca arseniul micsoreaza indicii de calitate ai otelului. Peletele de Turnu Magurele se evidentiaza si prin prezenta cobaltului în concentratie relativ mare de 460 ppm. Probele de otel si fonta contin si ele concentratii de cobalt între 25-130 ppm.

Rezultatele obtinute în cazul probei 7 se pot compara cu buletinul de analiza pentru minereul de India ("Certificate of analysis" No.697 efectuat de Mitra Lab.Calcutta). Laboratorul Mitra utilizeaza metodele spectroscopiei optice ce nu permit definirea unor elemente ca arseniu, cupru. Se constata o concordanta multumitoare în ceea ce priveste aluminiul:

C_{Al} = 1,28% în cazul probei 7

C_{Al} = 1,27% (Mitra Lab.) din $A_{Al_2O_3}$ = 2,4% rezulta:

$$CAl = \frac{2,4\% \times 2 \times 26,98154}{101,96128} = 1,27\%$$

si o limita superioara pentru fier 79% fata de 63,68%.

Concluzii

Prin aceste rezultate obtinute se atesta ca metoda analizei prin activare cu neutroni termici este superioara ca indici de precizie si sensibilitate pentru elementele mijlocii si grele.

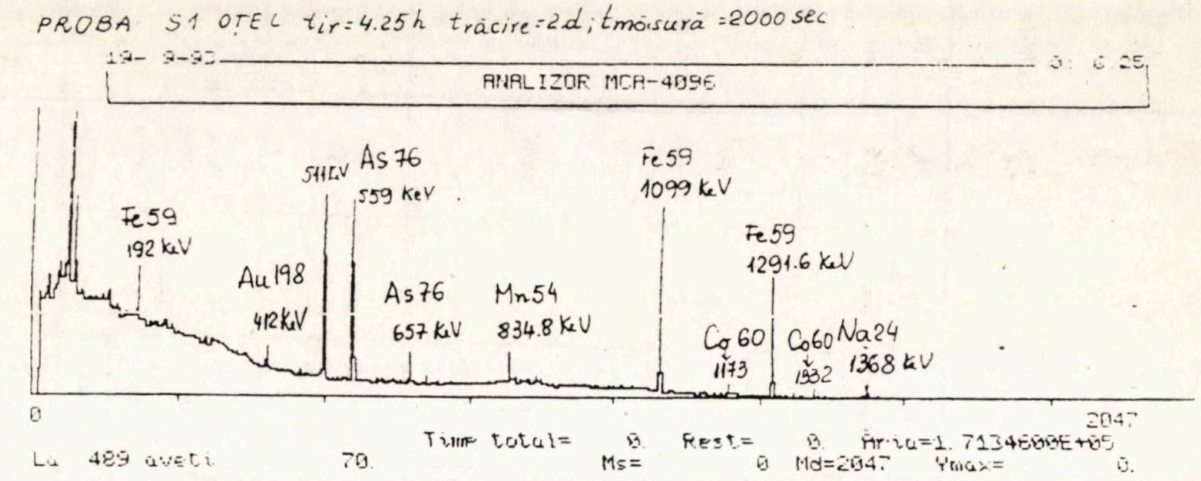
In determinarile de serie se impune stabilirea dispersiei concentratiilor în cadrul aceluiasi minereu sau tip de otel si stabilirea corespondentei între tipul de minereu cu zgura, fonta si otelul realizat.

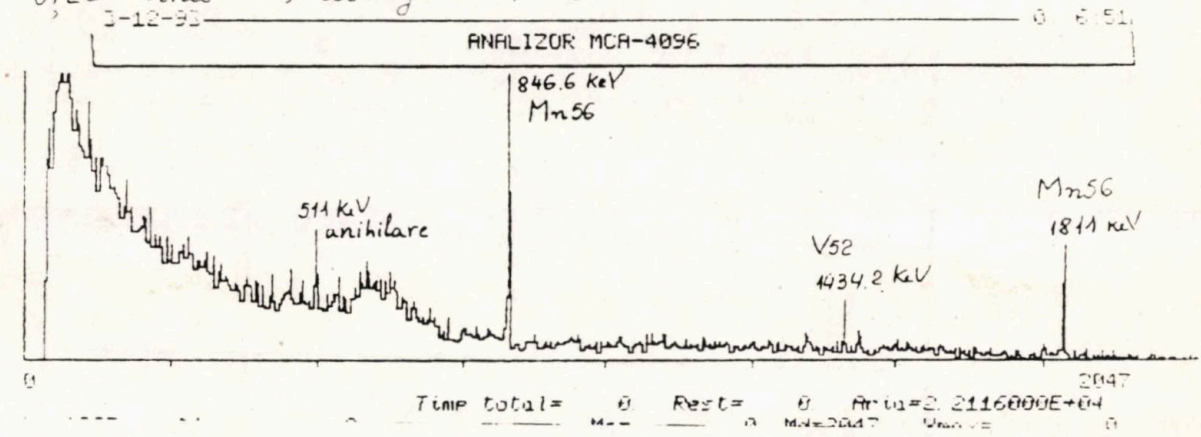
Prin aceasta metoda s-ar putea determina si concentratiile elementelor usoare: carbon, oxigen, sulf, fosfor, azot, bor, utilizându-se tehnica iradierii cu neutroni de 14 MeV în cadrul unitatii nucleare de la "SIDEX" S.A. Galati.

Determinarile efectuate asupra minereurilor de fier utilizate la "SIDEX" S.A. Galati pun în evidenta existenta pamânturilor rare (lantan, ceriu, samariu, scaniu) care sunt preferate pentru completarea dezoxidarii dar si pentru alte actiuni cum ar fi desulfurarea, degazarea, legarea azotului si marirea fluiditatii otelului, realizându-se în final structuri si caracteristici mecanice îmbunatatite ale otelului, în special ameliorarea tenacitatii acestuia. Este de retinut si actiunea lantanidelor în sensul reducerii transcristalizarii si finisarii grauntelui la lingouri, datorita activitatii superficiale ridicate pe care o au aceste elemente în fierul lichid.

Aceasta metoda de determinare a elementelor chimice din cenusile piritice da posibilitatea refolosirii acestora în procesul de elaborare a fontei în participatii limitative, fara a se afecta calitatea otelului în conditii economice foarte avantajoase pe ansamblul furnale-otelarii.

Metoda activarii cu neutroni termici asigura stabilirea exacta a randamentelor de eliminare a elementelor nocive din cenusile piritice în instalatiile existente pe fluxul de fabricatie de la C.S. "SIDEX" S.A. Galati.


PROBA S1 OTEL tir=4.25h trăcire=2d; tmăsură =2000 sec
ANALIZOR MCA-4096
Fe59 192 keV
Au198 412 keV
511 keV
As76 559 keV
As76 657 keV
Mn54 834.8 keV
Fe59 1099 keV
Fe59 1291.6 keV
Co60 1173
Co60 1332
Na24 1368 keV
0
2047
Timp total= 0. Rest= 0. Arie=1.71345000E+05
La 489 aveti 70. Ms= 0 Md=2047 Ymax= 0.


OTEL tirad=20s; tcooling=4min, tmăs=100 sec
ANALIZOR MCA-4096
846.6 keV Mn56
511 keV anihilare
V52 1434.2 keV
Mn56 1811 keV
0
2047
Timp total= 0. Rest= 0. Arie=2.21160000E+04

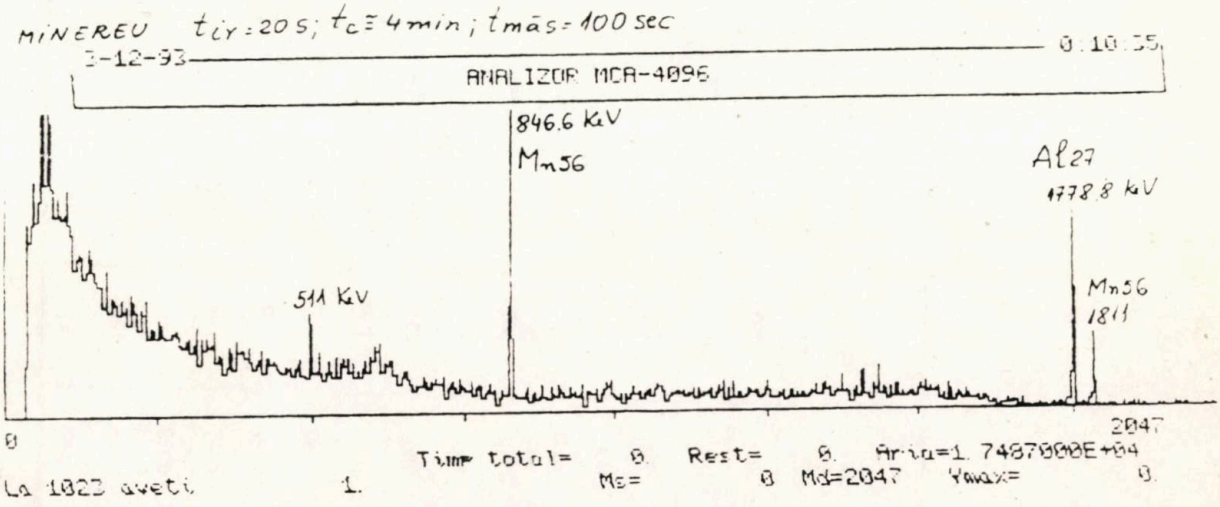

MINEREU tir=20s; tc=4min; tmăs=100 sec
ANALIZOR MCA-4096
846.6 keV Mn56
511 keV
Al27 1778.8 keV
Mn56 1811
0
2047
Timp total= 0. Rest= 0. Arie=1.74870000E+04
La 1023 aveti 1. Ms= 0 Md=2047 Ymax= 0.

Fig. 1, 2, 3

Tabelul 2

Proba	Mn	V	Al	Na	Fe	Sm	La	As	Se	Cr	Co	Au	Ce	W
	ppm	ppm	ppm	ppm	%	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm
1	580	81	3940	120	46,4	0,4	2	< 6	1,9	38				2
2	207	< 150	1,40%	140	49,2	0,9	3	18	2,4	50				< 3
3	448	36	1,19%	3130	49,5	1,6	10	1760	2,7	< 100	460		170	< 70
4	263	13	4480	5	53,9	1	2	3,1	0,7	< 100			urme	< 3
5	414	16	6040	17	60,2	0,9	5	3,4	2,4	< 200			urme	3
6	37	49	4678	31	61	0,7	3	4	2,3	< 140				< 9
7	2750	< 20	1,28%	940	79	1	6	44	5,6	< 200	8		urme	1,4
8	290	11	2640	5280	66,9	0,2	2	2	1	50				< 4
9	182	20	9840	545	71,5	2,4	9	8,8	7,8	< 200				< 4
10	9780	< 200	< 7000	170	99	< 0,2	< 0,4	< 0,4		250	25			7,7
11	6600	< 260	4,69%	1,43%	1,1	6	39	< 20	11	< 150			80	< 30
S1	2230	< 40	1090	60	99			78			75	0,3		< 4
S2	2710	< 90	3280	110	99			110			35			< 3
S3	6030	75	217	220	99			40			40		urme	5
S4	1,57%	120	560	< 700	99			30			46		urme	5
S5	6670	58	360	640	99			300			130			< 9

Pentru a va lansa pe o piata cu produsele Dvs., trebuie sa va informati temeinic.

Cereti imediat materialele editate de CIDMET - SIDEROM *pentru a fi informat*

CIDMET

Central de Informare si Documentare pentru Metalurgie

Str. Mendeleev 21 - 25,
sector 1
70 168 BUCURESTI
tel. 659 49 90
fax: 3124278, 3124276

SIDEROM - CIDMET

editeaza o serie de publicatii care se transmit firmelor din domeniul metalurgiei si constructiilor de masini din România si din alte tari.

Produsele si tehnologiile, consultanta si asistenta tehnica oferite de firma dumneavoastra pot beneficia de publicitate în materialele periodice pe care le editam si difuzam, cum sunt:

- Revista Metalurgia
- Buletin de Informare Documentara
- Informatii din metalurgia mondiala
- Sumare din reviste straine de specialitate
- Noutati în siderurgie
- Indicatori tehnico-economici

In cazul în care doriti sa va facem publicitate va rugam:
- sa ne transmiteti materialul pentru reclama în forma pe care o doriti (fotografii, diapozitive color, text, machete etc);

- sa transmiteti suma corespunzatoare publicarii reclamelor dorite la BCR SMB 301520201 Bucuresti

CID

Sumare din reviste est-vest
Diverse publicatii
Traduceri
Carti de vizita
Formularistica de birou

MET

Va stam la dispozitie

pentru comunicarea tarifelor actuale

Metalur[illegible]
Catalog[illegible] de produse
Prospec[illegible]
Buletin [illegible] informare documentara
Sinteze [illegible]cumentare
Indicat[illegible] tehnico-economici
Noutati [illegible]n siderurgie
Inform[illegible] din siderurgia mondiala

COMPETITIVENESS

QUALITY

GUARANTEE

EXPORTS: ❐ the whole range of metallurgical products as: aluminium plate, concrete steel,, profiles pipes, wires etc.

IMPORTS: ❐ highly processed metallurgy products ❐ raw materials for metallurgical uses (coke, coal, ferrous and non-ferrous ore) ❐ equipment and spare parts for ferrous and non-ferrous metallurgy ❐ licences, feasability studies.

The objective of our company is to remain
YOUR MOST EFFICIENT AND RELIABLE PARTNER
in the foreign trade of the Romanian metalllurgy.

EXPORTĂ: ❐ toată gama de produse metalurgice: tablă din aluminiu, oţel beton, profile, ţevi, sîrmă etc.

IMPORTĂ: ❐ produse metalurgice înalt prelucrate ❐ materii prime pentru metalurgie (cocs, cărbune, minereuri feroase şi neferoase) ❐ echipamente şi piese de schimb pentru metalurgia feroasă şi neferoasă ❐ licenţe, studii de fesabilitate

PARTENERUL DUMNEAVOASTRĂ ,
CEL MAI EFICIENT ŞI DE INCREDERE
în comerţul exterior!

METANEF S. A.
BUCHAREST - ROMÂNIA ■ 21-25 Mendeleev Street ■ Phone: 650-2842 ■ Fax: 312-0235 ■ Telex: 11669
Registered under no. J 40-49-1991 at Register of Commerce Bucharest office

ROMANIA, BUCUREŞTI,
Str. Mendeleev, nr. 21—25,
Telefon: 659.21 60; 659.40.90;
659.63.90; 312.04.47; 659.38.50
Telex: 11515, Fax: 312.04.46

CEA MAI MARE FIRMĂ ROMANEASCĂ DE COMERŢ EXTERIOR ÎN DOMENIUL METALELOR

METALEXPORTIMPORT S.A.

CALITATE, GARANŢIE, COMPETITIVITATE PRIN

S.C. METALEXPORTIMPORT S.A.

METALEXPORTIMPORT exportă:

- tablă medie şi groasă, inclusiv tablă navală (hot rolled heavy plate, including shipbuilding plate);
- tablă subţire laminată la rece (cold rolled steel sheet);
- tablă zincată (galvanized steel sheet);
- tablă transformator (cold rolled-oriented grain silicon steel strip);
- profile oţel laminate la cald UNP, INP, corniere oţel rotund, pătrat, lat (hot rolled steel profiles-channels, joists, angles, round, flat bars);
- oţel beton şi sîrmă laminată (reinforcing steel bars and wire rod);
- sîrmă trasă din oţel (drawn steel wire);
- electrozi sudură (welding electrodes);
- cuie (nails);
- lanţuri industriale (industrial chains);
- cabluri tracţiune (wire ropes);
- sîrmă şi toroane beton precomprimat (steel wire for prestressed concrete and stress relieved steel wire strands);
- cord metalic (brass plated steel cord for tyres);
- sîrmă taloane (bronze plated steel wire);
- ţevi conducte (seamless line pipes);
- burlane foraj (casing);
- ţevi sudate (welded pipes);
- blocuri aluminiu şi laminate aluminiu (aluminium ingots and aluminium products);

METALEXPORTIMPORT importă:

- cocs (coke);
- cărbune cocsificabil (coaking coal);
- materiale refractare (refractory products);
- minereu de fier (iron ore);
- minereu de mangan (manganese ore);
- feroaliaje (ferroalloys);
- neferoase blocuri (nonferrous ingots);
- alte materii prime necesare industriei metalurgice (other raw materials for metallurgical industry).

METALEXPORTIMPORT S.A.

este oricînd la dispoziţia firmelor interesate pentru orice alte operaţii de export-import.

Pentru orice detalii, rugăm contactaţi-ne la adresa:

Bucureşti, Str. Mendeleev 21—25, Telex 11511 metal r

Pentru a va lansa pe o piata cu produsele Dvs., trebuie sa va informati temeinic.

Cereti imediat materialele editate de CIDMET - SIDEROM *pentru a fi informat*

Este societatea Dvs. în masura sa
ţina pasul cu tehnologiile moderne?

Cereţi imediat materialele editate
de CIDMET - SIDEROM

PENTRU A fi INFORMAT

ORSZÁGOS MŰSZAKI INFORMÁCIÓS KÖZPONT ÉS KÖNYVTÁR 1883

S.C. SIDERURGICA S.A. HUNEDOARA

Societatea Comerciala "Siderurgica" S.A. Hunedoara produce si comercializeaza la preturi competitive urmatoarele produse:

* tagle pentru tevi din otel carbon , slab aliat, aliat si inalt aliat (inoxidabil);
* blumuri si tagle din otel carbon, slab aliat, aliat si inalt aliat pentru constructia de masini;
* tagle din otel pentru rulmenti;
* profile fasonate I,U, cornier, T;
* profile pentru:
  * senile de tractor si excavator ;
  * brazdar de plug ;
  * armatura de mina ;
  * transportoare de mina ;
  * aparate de cale ferata si sina ac ;
  * traverse CF ;
* sirma pentru armaturi beton, tragatorii, cord metalic ;
* piese turnate si forjate ;
* utilaj pentru turnarea otelului (poduri, ingotiere, pilnii) ;
* coes metalurgic ;
* benzen, naftalina, smoala, sulf, toluen ;
* fonta de afinare si de turnatorie ;
* zgura granulata si vata de zgura ;
* calcar si var ;
* dolomita calcinata si sinterizata ;
* blocuri dolomitice ;

" Siderurgica" S.A. Hunedoara produces and commercialises at competitive prices the following products:

* carbon, low-alloyed, alloyed and high alloyed steel billets for tubes (stainless steel) ;
* carbon, low-alloyed, alloyed and high alloyed steel billets and blooms for machine building ;
* steel billets for bearings ;
* shaped sections, IPE-beams, channels, angles, T-sections ;
* profiles for :
  * tractor and excavator track shoes
  * plough shares ;
  * mine gallery supporting ;
  * mine conveyors ;
  * railroad accessories siding rail ;
* wire for concrete reinforcements, for drawing, metallic cord ;
* cast and forged pieces ;
* equipment for steel casting (platforms, moulds, funnels) ;
* metallurgical coke ;
* benzene, naphthalene, tar, sulphur, toluene ;
* refining and cast pig iron ;
* granulated slag and slag wadding ;
* lime and chalkstone ;
* calcined and sintered dolomite ;
* dolomitic blocks ;

THE LONG PRODUCTS LEADING COMPANY IN ROMANI

International
Leading Company
Award Madrid 1991

Euromarket Award 1992
European Market Research
Center

XXIII International Award
For Commercial Prestige
Madrid 1993

ou can contact us :
e puteti contacta :

8, Constantin Bursan Street
2750, HUNEDOARA
ROMANIA

Telephone Exchange : +40/95/716121,716131,716521
General Manager : +40/95/712783
Comercial Manager : +40/95/712784
Telex : 72411 cbsid-r, 72412 cbsid-r
Telefax : +40/95/712266, 716008,
717650

METALURGIA

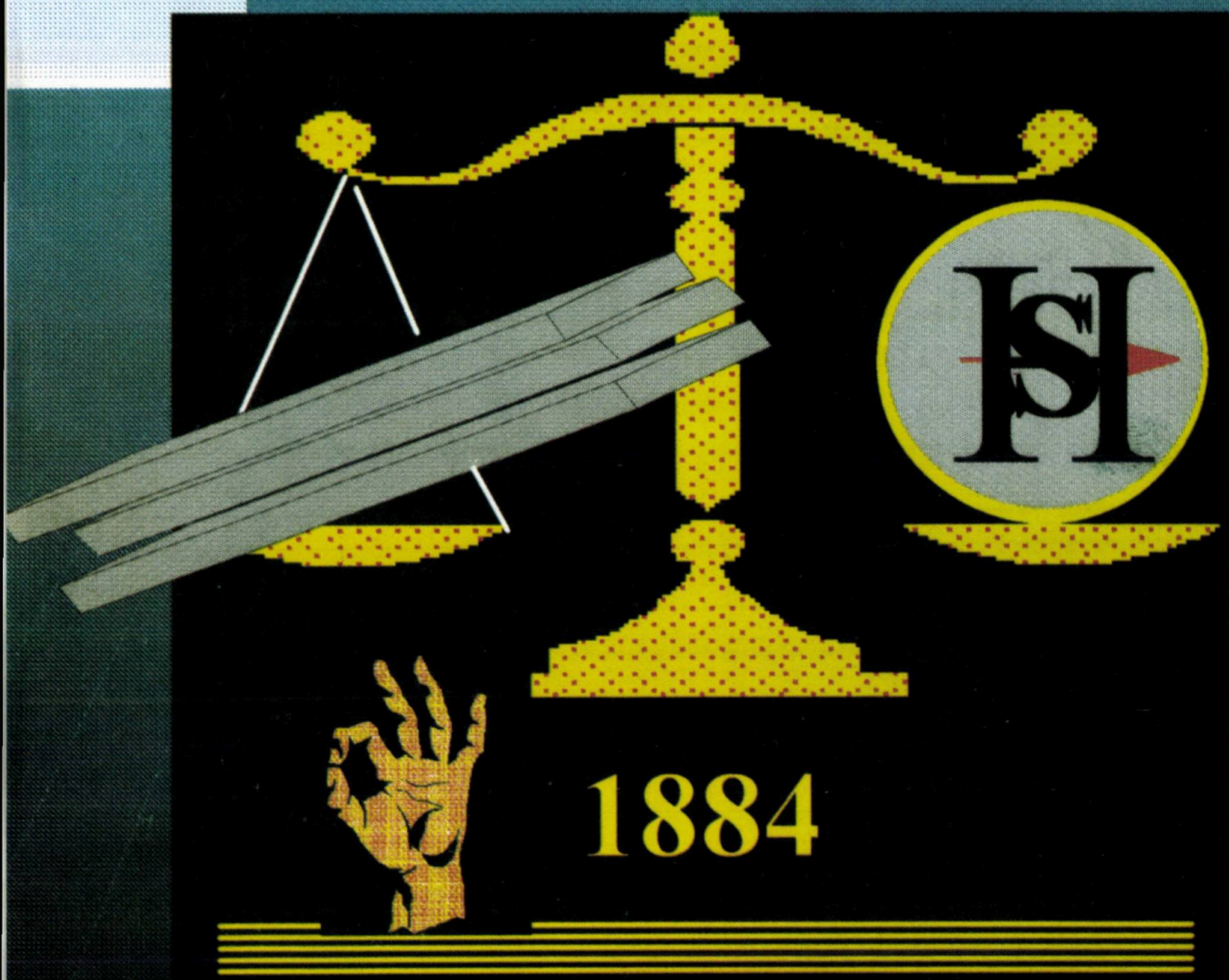
E3280

10/1994

ISSN 0461 - 9579

1884 - 1994

THE WEIGHTY WORD
OF IRON & STEEL INDUSTRY



S.C. SIDERURGICA S.A.
HUNEDOARA

S.C. SIDERURGICA S.A. Hunedoara

Societatea Comerciala **"Siderurgica" S.A. Hunedoara** produce si comercializeaza la preturi competitive urmatoarele produse:

* tagle pentru tevi din otel carbon, slab aliat, aliat si inalt aliat (inoxidabil);
* blumuri si tagle din otel carbon, slab aliat, aliat si inalt aliat pentru constructia de masini;
* tagle din otel pentru rulmenti;
* profile fasonate I.U. cornier, T;

* profile pentru:
  - senile de tractor si excavator;
  - brazdar de plug;
  - armatura de mina;
  - transportoare de mina;
  - aparate de cale ferata si sina ac;
  - traverse CF;
* sârma pentru armaturi beton, tragatorii, cord metalic;
* piese turnate si forjate;
* utilaj pentru turnarea otelului (poduri, lingotiere, pâlnii);
* cocs metalurgic;
* benzen, naftalina, smoala, sulf, toluen;
* fonta de afinare si de turnatorie;
* zgura granulata si vata de zgura;
* calcar si var;
* dolomita calcinata si sinterizata;
* blocuri dolomitice

"Siderurgica" S.A. Hunedoara produces and commercialises at competitive prices the following products:

* carbon, low-alloyed, alloyed and high alloyed steel billets for tubes (stainless steel);
* carbon, low-alloyed, alloyed and high alloyed steel billets and blooms for machine building;
* steel billets for bearings;
* shaped sections, IPE-beams, channels, angles, T-sections;
* profiles for:
  - tractor and excavator track shoes;
  - plough shares;
  - mine gallery supporting;
  - mine conveyors;
  - railroad accessories siding rail;
* wire for concrete reinforcements, for drawing, metallic cord;
* cast and forged pieces;
* equipment for steel casting (platforms, moulds, funnels);
* metallurgical coke;
* benzene, naphthalene, tar, sulphur, toluene;
* refining and cast pig iron;
* granulated slag and slag wadding;
* lime and chalkstone;
* calcined and sintered dolomite;
* dolomitic blocks

Sidex

Iron and Steel Complex of Galati

Manufactures and exports for you

Hot Rolled Flat Products

- Ordinary steel strips and plates for constructions
- Fine grained steel strips nad plates for welded constructions
- Atmospheric corrosion resistant steel strips and plates
- Shipbuilding steel plates
- High quality carbon steel strips and plates for machine building
- Steel plates for boilers and pressure vessels
- Steel strips and plates for cold bending and deep drawing
- Steel strips and plates for side bars and other parts with small bending radius
- Steel plates for mining equipment
- Stainless steel strips and plates and refractory steel for nuclear and aeronautical industry
- Steel strips and plates for automobile rims

Other Products

- Liquid and gas oxygen
- Liquid and gas nitrogen
- Liquid and gas argon
- Granulated blast-furnace slag
- Non-iron slag

Steel Semi-products

- Continuous cast or rolled slabs
- Continuous cast blooms
- Rolled billets
- Coke-chemical products
- Blast furnace coke
- Ferro-alloys coke
- Fine coke
- Coke-chemical ammonia sulphate
- Concentrated ammonia water
- Coal tar
- Technical ammonia
- Aromatic fractions
- Coke plant technic sulphur
- Pit coal tar
- Pit coal creosote for carbon black
- Coke-chemical absorption oil
- Phenolic fraction
- Crude anthracene
- Naphthalene
- Technical ferric sulphate
- Bitum

Cold Rolled Sheet

- Thin steel strips and sheets for cold formed shapes and welded pipes
- Sheets and strips for deep drawing
- Steel sheets and strips for car industry and ships

A life experience on the steel market and many friends in the steel bussines!

str. Siderurgistilor 1, Galati 6200, Tel:036 43.19.00, Telex 51 257

CEA MAI MARE FIRMA ROMANEASCA DE COMERT EXTERIOR
IN DOMENIUL METALELOR

METALEXPORTIMPORT S.A.

ROMANIA, BUCURESTI,
STR. MENDELEEV, NR. 21-25
TELEFON: 659.21.60; 659.40.90;
569.63.90; 312.04.47;659.38.50;
TELEX: 11515, FAX:312.04.46.

CALITATE, GARANTIE, COMPETITIVITATE
PRIN

S.C. METALEXPORTIMPORT S.A.

EXPORTA:

- tabla medie si groasa, inclusiv tabla navala (hot rolled heavy plates, including shipbuilding plates);
- tabla subtire laminata la rece (cold rolled steel sheets);
- tabla zincata (galvanized steel sheet);
- tabla transformator (cold rolled-oriented grain silicon steel strip);
- profile otel laminate la cald UNP, INP, corniere, otel rotund, patrat (hot rolled steel profiles-channels joists, angles, round, flat bars);
- otel beton si sirma laminata (reinforcing steel bars and wire rod);
- sirma trasa din otel (drawn steel wire);
- electrozi sudura (welding electrodes);
- cuie (nails);
- lanturi industriale (industrial chaines);
- cablori metalice (wire ropes);
- sirma si toroane beton precomprimat (steel wire for prestressed concrete and stress relieved steel wire strands);
- cord metalic (brass plated steel cord for tyres);
- sirma talpane (bronze plated steel wire);
- tevi conducta (seamless line pipes);
- burlane foraj (casing);
- tevi sudate (welded pipes);
- blocuri aluminiu si laminate aluminiu (aluminium ingots and aluminium products).

IMPORTA:

- cocs (coke);
- carbune cocsificabil (coaking coal);
- materiale refractare (refractory products);
- minereu de fier (iron ore);
- feroaliaje (ferroalloys);
- neferoase blocuri (nonferrous ingots);
- alte materii prime necesare industriei metalurgice (other raw materials for metallurgical industry).

METALIMPORTEXPORT S.A.

este oricind la dispozitia firmelor interesate pentru orice alte operatii de export - import. Pentru orice detalii, rugam contactati-ne la adresa:.

Bucuresti - Str. Mendeleev 21-25
Tel: 00400/659.68.25; Fax: 00400/312.04.46; Telex: 11515
metal r

SOCIETATEA COMERCIALA "C I O C A N U L" S. A.
N A D R A G

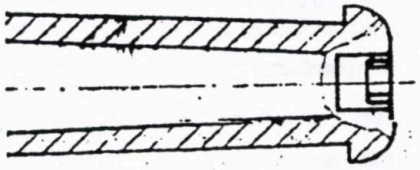
Str. Metalurgistilor nr. 16, Nadrag, Cod 1822 Jud. Timis
Telefon :056/31 57 79; telex 17 92 30
Cont virament: 30.150.0.101 B.C.R. Lugoj Agentia Nadrag 54520

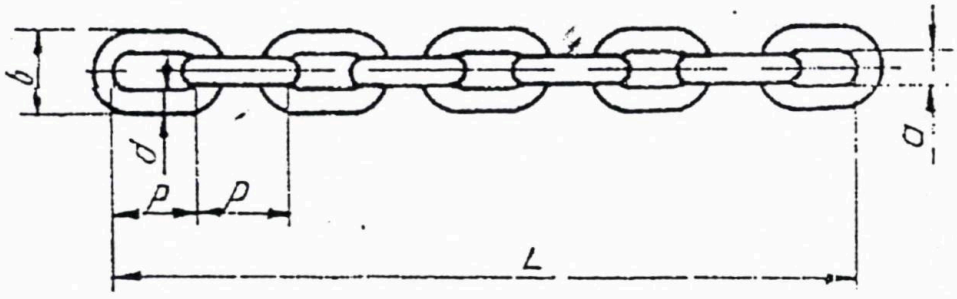
Va ofera pe baza de comenzi:

* **TABLA** - neagra, zincata si plumbuita
* **TABLA** - ondulata
* **LANTURI** - miniere si industriale
* **PIESE TURNATE** - din fonta si otel
* **BUNURI DE LARG CONSUM:**

masini de gatit, sobe de încalzit, coturi, jgheaburi si burlane, caiele, galeti negre si zincate, aparate de încalzit, lant antiderapant etc.

LINGOTIERE
N. T. R. 204/1-78





METALURGIA

REVISTA EDITATA DE "SIDEROM" S. A.

10 octombrie 1994

Sumar

ISSN 0461 - 9579

Chitu Gheorghe: Analiza productiei mondiale de otel.. 5

Geru Nicolae, Vasile Toma: Influenta compozitiei chimice a otelurilor de cementare asupra grosimii straturilor carburate. 10

Micle Valer: Aspecte privind formarea grafitului lamelar in zona de suprafata a pieselor turnat din Fgn. 12

Micle Valer, Amedeo Mantovan, Simone Parent - Simonin, Jaques Fargues: Studiu experimental asupra aparitiei grafitului lamelar in zona de suprafata a pieselor turnate din Fgn. 16

Vasile Toma: Consideratii privind metodele de apreciere a marimii grauntelui.. 21

Vasile Toma: Aspecte privind cresterea durabilitatii pieselor prin aplicarea unor tratamente termice superficiale specifice. 28

Strugan Florea , Paraschiv Nedelcu, Nita Iancu: Perfectionarea tehnologiei de elaborare a fontei in furnale de mare capacitate prin scaderea continutului de siliciu si crestereatemperaturii fontei la C. S. "SIDEX" Galati. 34

Bujoreanu Leandru Gheorghe , Stanciu Sergiu, Dia Vasile: Efectul vitezei de deformare asupra pseudoelasticitatii de transformare la aliajele cu memoria formei 38

Bujoreanu Leandru Gheorghe, Stanciu Sergiu, Dia Vasile: Stabilizare si comportament termomecanic ciclic la un aliaj cu memoria formei, tip Cu - Al - Ni. 47

Iancu Nita, Bordei Mihai: Preocupari privind introducerea tehnicii de calcul la furnalele de la C. S. "SIDEX" Galati. 51

Munteanu Viorel, Mariana Ivan, Chiosa Aristide, Zoriescu Dan, Sofron Gheorghe: Posibilitati de marire a durabilitatii captuselii refractare a convertizoarelor LD si de reducere a consumului de var 56

Petrus Gaspar: Consideratii privind laminarea si calibrarea cilindrilor pentru profile cornier in gama mijlocie 61

Revista revistelor. 9, 20, 27, 33, 37, 46, 55, 60, 67

Târguri, conferinte si congrese internationale.. ..... 11, 15

Colegiul onorific de redactie

(în ordine alfabetica)

LUCIAN AMANCEI, VICTOR BERTALAN, ION CHIOSE, SORIN DIMITRIU, MIRCEA DOBRESCU, VICTOR GUIDEA DANILA, ALEXANDRU FLOREA, EMIL FLORIAN, LADISLAU FRUMOSU, RADU HANGA, PETRE IANC, GHEORGHE LEPADATU, STEFAN MARGINEANU, VIOREL MUNTEANU, ALEXANDRU STOENESCU, OLARU IOAN, MIHAELA PANA, VASILE PARPALA, CRISTIAN PIRVAN, CONSTANTIN POPESCU, BUJOR ROSCA, SILVIU SAMOILESCU, EUGEN SANDU, IOAN FLORENTIN SANDU, HORATIU VODA

Redactor responsabil: prof. dr. ing. I. VÂRCOLACU
Revizie tehnica: prof. dr. ing. I. VÂRCOLACU
Sef CIDMET: ing. Brândusa Florentina Scortea
Redactor: ing. Brândusa Florentina Scortea
Stilizare, corectura: Ioana Kuglay, Rodica Rosu
Tehnoredactare computerizata: Lidia Vereanu

Redactia si administratia: Bucuresti, str. Mendeleev, nr.21-25, sector 1, cod 70168, telefon 6594990.
Institutiile pot achita abonamentele în contul nostru de virament nr. 30 15 20 201 BCR-SMB. Costul unui exemplar: lei 1500

Traducere: ing. S. Florea

Cele mai bune urari pentru un
Craciun binecuvântat
si un An Nou
cu sanatate si fericire

Season greetings to all our friends
with many thanks
for the good cooperation during
the past year and sincerest good wishes
for a prosperous forthcoming year.

Sur le seuil de l'anée nouvelle nous
remercions tous les amis
de notre maison pour leur précieuse
collaboration et leur souhaitons
de joyeuses fêtes
ainsi bonne santé et prospérité!

Chitu Gh.: **World steel output analysis**

The paper is a brief analysis of steel production in various countries and a forecast to the year of 2005.

This approach considers even the influence of apparent steel consumtion on BNP and the present preocupation in certain countries to develop metal production.

Metalurgia 46(1994), nr. 10, p. *5*

Geru N., Vasile T.: **The influence of chemical analysis of case herdening steels on carburized layer thickness**

The paper discusses a very important aspect for case hardening engineering i. e. the influence of chemicaal analysis on carburized layer thickness. Thus, case hardening steels with additions of carbon containing elements, due to a decrease of carbon diffusion coefficient in austenite, will have a less deeper case and those alloyed with carbon - free elements a deeper carburized layer.

Metalurgia 46(1994), nr. 10, p. *10*

Micle V.: **Lamellar graphite formation in the surface layer of nodular iron castings**

Metalurgia 46(1994), nr. 10, p. *12*

Micle V.: **Investigation on lamellar graphite occurrance in the surface layer of nodular iron castings**

Metalurgia 46(1994), nr. 10, p. *16*

Vasile T.: **On grain size evaluation**

Metalurgia 46(1994), nr. 10, p. *21*

Vasile T.: **Service life increase by specific heat treatment of iron and steel components**

Metalurgia 46(1994), nr. 10, p. *28*

Strugari Fl. et al: **Improving of iron making teechnique in largr BF's by decreasing Si content and increasing iron temperature at SIDEX Galati**

Metalurgia 46(1994), nr. 10, p. *34*

Bujoreanu L. G. et al: **Strain rate effect on transformation pseudoelasticity in shape memory alloys**

Definitions, behaviour and temperature ranges regarding shape memory alloys pseudoelasticity constitute the main features of the paper.

Another approach is the martensitic transformation pseudoelasticity for three monocrystaline shape memory alloys.

The authors conclude that between ε variation limits, the increase of this parameters led to permanent elongation being at rather low values (max. 0.14 %) and a slight increase in yield and pseudoelastic deformation energy. At the same time, ε seems to have an influence on holding stresses not higher than 8%.

Metalurgia 46(1994), nr. 10, p. *38*

Bujoreanu L. G. et al.: **Stabilization and cyclic thermomechanical behaviour of a Cu - Al - Ni type shape memory alloy**

The behaviour of Cu - Al - Ni - type shape memory alloy (SMA) during pseudoelastic (PSE) loading cycles is studied.

To increase alloy stiffness and reduce residual elongation test pieces are subjected to quench - temper heat treatment or heating - cooling (with constant elongation) thermomechanical treatments and the effects on their PSE stress strain diagrams are investigated.

Finally, the authors analyse stress relaxation due to shape memory and plot its variation diagram depending on the number of cycles and heat treatment.

Metalurgia 46(1994), nr. 10, p. *47*

Iancu N., Bordei M.: **Actions for BF computer assistance at SIDEX S. A. Galatz Integrated Steel Works**

Metalurgia 46(1994), nr. 10, p. *51*

Munteanu V. et al: **Possibilities to increase service life of BOF refractory lining**

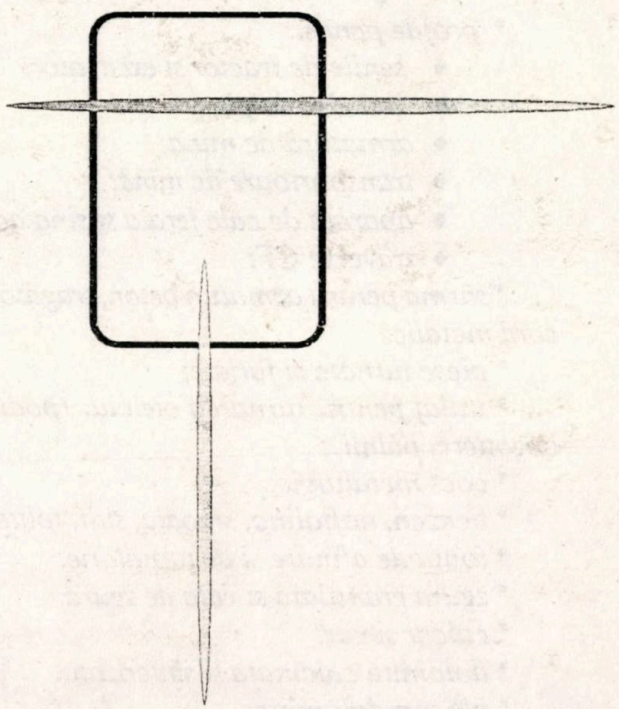
The increase of BOF lining refractory service life by adding magnesium oxide from dolomite lime up to MgO solubility in lime leads to an increase of charge number per campaign and a reduction in lime consumption by its partial replacement with dolomite.

Metalurgia 46(1994), nr. 10, p. *56*

Gaspar P.: **On rolling and grooving of medium size angle shapes**

The author intends to relay his own experience in roll grooving and in manufacturing angle shapes on a semicontinuous medium size section mill, whose block diagram is given in fig. 1

Metalurgia 46(1994), nr. 10, p. *61*



S.C. SIDERURGICA S.A. Hunedoara

Societatea Comerciala "**Siderurgica**" S.A. **Hunedoara** produce si comercializeaza la preturi competitive urmatoarele produse:

* tagle pentru tevi din otel carbon, slab aliat, aliat si înalt aliat (inoxidabil);
* blumuri si tagle din otel carbon, slab aliat, aliat si înalt aliat pentru constructia de masini;
* tagle din otel pentru rulmenti;
* profile fasonate I.U. cornier, T;

* profile pentru:
  - senile de tractor si excavator;
  - brazdar de plug;
  - armatura de mina;
  - transportoare de mina;
  - aparate de cale ferata si sina ac;
  - traverse CF;
* sârma pentru armaturi beton, tragatorii, cord metalic;
* piese turnate si forjate;
* utilaj pentru turnarea otelului (poduri, lingotiere, pâlnii);
* cocs metalurgic;
* benzen, naftalina, smoala, sulf, toluen;
* fonta de afinare si de turnatorie;
* zgura granulata si vata de zgura;
* calcar si var;
* dolomita calcinata si sinterizata;
* blocuri dolomitice

"**Siderurgica**" S.A. **Hunedoara** produces and commercialises at competitive prices the following products:

* carbon, low-alloyed, alloyed and high alloyed steel billets for tubes (stainless steel);
* carbon, low-alloyed, alloyed and high alloyed steel billets and blooms for machine building;
* steel billets for bearings;
* shaped sections, IPE-beams, channels, angles, T-sections;
* profiles for:
  - tractor and excavator track shoes;
  - plough shares;
  - mine gallery supporting;
  - mine conveyors;
  - railroad accessories siding rail;
* wire for concrete reinforcements, for drawing, metallic cord;
* cast and forged pieces;
* equipment for steel casting (platforms, moulds, funnels);
* metallurgical coke;
* benzene, naphthalene, tar, sulphur, toluene;
* refining and cast pig iron;
* granulated slag and slag wadding;
* lime and chalkstone;
* calcined and sintered dolomite;
* dolomitic blocks

ANALIZA PRODUCTIEI MONDIALE DE OTEL

Ing. Gheorghe Chitu - S. C. ICEM S. A. Bucuresti

C.Z.: 669.1

In ultimii 5 ani productia mondiala de otel s-a situat pe o curba descendenta, coborând de la un nivel maxim de 786 mil.t realizat în anul 1989, la aproximativ 725 mil.t în anul 1993 (-7,8%).

Evolutia este foarte diferita de la o tara la alta, si dupa cum se va vedea, nu o diminuare a importantei metalurgiei la nivel mondial a determinat aceasta situatie, ci recesiunea puternica din zona fostului CAER, dupa cum rezulta si din datele înscrise în tabelul 1.

Tabelul 1

Evolutia productiei mondiale de otel în perioada 1989 - 1993
World steel output development between 1989 - 1993

Tara, zona	1989	1991	1993	1993/1989 + / - ,%
Total mondial din care:	786,0	737,0	725,0 (*)	- 7,8
CEE din care:	**140,1**	**137,4**	**132,4**	**- 5,5**
Anglia	18,7	16,5	16,7	- 10,7
Belgia	10,9	11,3	10,2	- 6,4
Franta	19,3	18,4	17,1	- 11,4
Germania	41,1	42,2	40,8	- 0,7
Italia	25,2	25,1	25,8	2,4
Olanda	5,7	5,2	6,0	5,3
Spania	12,8	12,9	13,0	1,6
Alte tari industrializate: din care:	**255,2**	**243,0**	**243,0**	**- 4,8**
Canada	15,5	13,0	14,4	- 7,1
Japonia	107,9	109,6	99,6	- 7,7
SUA	88,8	79,7	87,0	- 2,0
Suedia	4,7	4,3	4,6	- 2,1
Tari în curs de dezvoltare din care:	**171,2**	**190,4**	**226,7(*)**	**32,4**
Brazilia	25,1	22,6	25,1	-
China	61,6	71,0	89,5	45,3

Datele înscrise în tabelul 1 ilustreaza ca la nivel mondial siderurgia în ultimii ani a traversat o perioada de criza, determinata în mare masura de tarile fostului sistem CAER.

Pe plan mondial în anul 1993 productia de otel s-a diminuat cu aproximativ 60 mil.t, comparativ cu anul 1989 (-7,8%).

Tarile CEE în aceasta perioada (1989-1993) au redus productia de otel cu 7,7 mil. t (-5,5%). Din acestea, Germania s-a mentinut aproape la acelasi nivel (-0,7%, ca urmare a fuzionarii cu R.D.G.); Italia, Olanda, Spania au avut o dinamica pozitiva, iar Anglia, Belgia, Franta au scazut productia de otel.

Desi global CEE si-a diminuat realizarile în ultimii 4 ani, ponderea în productia mondiala de otel în anul 1993 a crescut la 18,3% fata de 17,8% în anul 1989, deci s-a consolidat putin pozitia în acest domeniu.

In tabelul 2 se prezinta ponderea unor tari în productia mondiala de otel în anul 1993, comparativ cu anul 1989.

Majorarea ponderii în productia mondiala de otel a fost realizata si în alte state industrializate în afara de CEE, cum sunt: Canada, Japonia, S.U.A., Suedia etc.

In tarile dezvoltate în ultima perioada s-a constatat ca a început o noua etapa de restructurare-modernizare a siderurgiei, pentru îmbunatatirea calitatii productiei, sporirea cantitatilor de sortimente cu prelucrare avansata si a produselor destinate ramurilor de vârf, în vederea unei mai bune valorificari a materiilor prime si a resurselor energetice, precum si pentru cresterea rentabilitatii siderurgiei.

Dupa cum este cunoscut, în majoritatea tarilor metalurgia este o industrie predominant statala, si Guvernele tarilor respective au sprijinit aproape continuu restructurarea acestei ramuri de baza, datorita influentei pe care o are asupra unor indicatori macroeconomici între care si produsul intern brut (PIB), produsul national brut (PNB), s.a.

In tabelul 3 se prezinta unele date cu privire la corelatia ce exista între consumul aparent de otel (CAO) si PNB, PIB în unele tari în anul 1990 si 1992.

Tabelul 1 (continuare)

Evolutia productiei mondiale de otel în perioada 1989 - 1993
World steel output development between 1989 - 1993

Tara, zona	1989	1991	1993	1993/1989 + / - ,%
Coreea de Sud	21,9	26,0	33,0	50,7
India	14,6	17,1	18,2	24,7
Iran	1,1	2,2	3,7	3,4 ori
Mexic	7,9	8,0	9,1	15,2
Tari est europene din care:	220,0	166,0	123,3	- 43,7
Bulgaria	2,9	1,6	1,5 (*)	- 42,3
Cehia si Slovacia	15,5	12,1	10,7	- 31,0
Polonia	15,1	10,4	9,9	-34,4
România	14,4	7,1	5,4	- 62,5
Ungaria	3,3	1,9	1,7	- 48,5
URSS (CSI)	160,1	132,6	95,4	- 40,1

(*) - Estimat

Tabelul 2

Ponderea unor tari în productia mondiala de otel în 1989 si 1993
The share of certain nations in world steel production in 1989 and 1993

UM = %

Tara, gruparea economica	1989	1993
Total mondial din care:	100,00	100,00
CEE din care:	17,80	18,30
Anglia	2,38	2,30
Belgia	1,39	1,41
Franta	2,46	2,36
Germania	5,23	5,63
Italia	3,21	3,56
Olanda	0,73	0,83
Spania	1,63	1,79

Din lectura tabelului 3 rezulta ca o majorare a consumului aparent de otel duce la o crestere a PNB si PIB, în tari cu diverse grade de industrializare, deci metalurgia este o conditie sine qua non pentru dezvoltarea si consolidarea economiei unei tari, si mai ales a celor în curs de restructurare.

Ca urmare a rolului pe care metalurgia îl are într-o economie, tarile în curs de dezvoltare au crescut productia de otel în ultimii 4 ani cu aproximativ 56 mil.t (+32,4%), si în consecinta ponderea în productia mondiala de otel s-a majorat de la 21,8% în anul 1989, la 31,2% în anul 1993.

De fapt tarile în curs de dezvoltare au avut o preocupare continua pentru construirea unei industrii metalurgice proprii. Cel mai elocvent argument îl constituie nivelul productiei de otel din anul 1980 de aproximativ 90 mil.t, care a reprezentat 12,6% din realizarile mondiale si care în anul 1985 a ajuns la 131 mil.t, cu o participare de 18,2%.

Statele care sunt în centrul si estul Europei si au fost afiliate la CAER nu au actionat în acelasi sens, în special dupa anul 1989, când prin reformele preconizate sau adoptate nu au mai acordat prioritate industriei metalurgice, iar rezultatele au fost catastrofale.

Numai asa se explica faptul ca productia de otel a acestor tari în anul 1993 a fost de numai 123,3 mil.t, comparativ cu 219,2 mil.t în anul 1989, deci o diminuare de 96 mil.t (aproximativ 42,3%).

Asa cum se poate deduce din tabelul 1, în perioada 1989-1993, productia de otel la nivel mondial s-a redus cu 61 mil.t, iar tarile est-europene au avut un declin de 97 mil.t. Diferenta de aproximativ 36 mil.t a fost compensata prin cresterea productiei în alte tari, si în primul rând în statele în curs de dezvoltare.

Dintre toate tarile din centrul si estul Europei, numai în România metalurgia a avut recesiunea cea mai puternica, productia de otel diminuându-se cu 62,5%.

In ceea ce priveste evolutia în perspectiva a siderurgiei, IISI (Institutul International pentru fonta si otel) si Banca Mondiala prognozeaza o crestere a productie de otel la aproximativ 830 mil.t în anul 2000 si aproximativ 900 mil.t în anul 2005.

In tara noastra, de asemenea, se prevede o relansare a metalurgiei iar prin Strategia de restructurare aprobata de guvern în februarie 1994, productia de otel va creste la un nivel de aproximativ 10 mil.t, din care în siderurgie 9,5 mil.t.

Metalurgia este industria care are perspective în toate tarile, deoarece otelul în foarte multe produse, nu poate fi

Tabelul 2 (continuare)

Ponderea unor tari in productia mondiala de otel in 1989 si 1993
The share of certain nations in world steel production in 1989 and 1993

Tara, gruparea economica	1989	1993
Alte tari industrializate: din care:	32,50	33,50
Canada	1,97	1,99
Japonia	13,72	13,74
SUA	11,30	12,00
Suedia	0,60	0,63
Tari in curs de dezvoltare: din care:	21,80	31,20
Brazilia	3,19	3,46
China	7,84	12,34
Coreea de Sud	2,79	4,55
India	1,86	2,51
Iran	0,14	0,51
Mexic	1,00	1,26
Tari est europene din care:	27,9	17,00
Bulgaria	0,37	0,21
Cehia si Slovacia	1,97	1,48
Polonia	1,92	1,37
România	1,83	0,74
Ungaria	0,42	0,23
URSS (CSI)	20,37	13,16

Tabelul 3

Influenta CAO asupra PNB si PIB in unele tari in anul 1990 si 1992
The influence of apparent steel consumption on BNP in certain countries in 1990 and 1992

Tara	1990	
	CAO, kg/loc	PNB, $/loc
Argentina	121	2,370
Brazilia	147	2,680
Spania	326	10,920
Australia	358	17,080
Suedia	490	23,680
Austria	563	19,240
Finlanda	576	26,070

Tara	1992	
	CAO, kg/loc	PIB, $/loc
Anglia	214	18 407
Franta	268	23,456
Italia	349	21,455
SUA	375	23,006
Canada	457	21,007
Germania	488	21,909
Japonia	682	29,378

Tabelul 4

Sinteza evolutiei productiei mondiale de otel în perioada 1989 - 2005
World steel production forecast for 1989 - 2005

UM: Productie = mil. t; Ponderea = %

Grupa de tari		Realizari				Prognoza	
		1980	1985	1989	1993	2000	2005
Total mondial din care:	C	716	719	786	725 (*)	830	900
	%	100	100	100	100	100	100
Tari industrializate:	C	407	374	395	375	390	407
	%	56,8	52	50,3	51,8	47	45,2
Tari în curs de dezvoltare:	C	90	131	171	227	245	280
	%	12,6	18,2	21,8	31,2	29,5	31,1
Tari (central si) Est - europene	C	219	214	220	123	195	213
	%	30,6	29,8	27,9	17	23,5	23,7

(*) Estimat

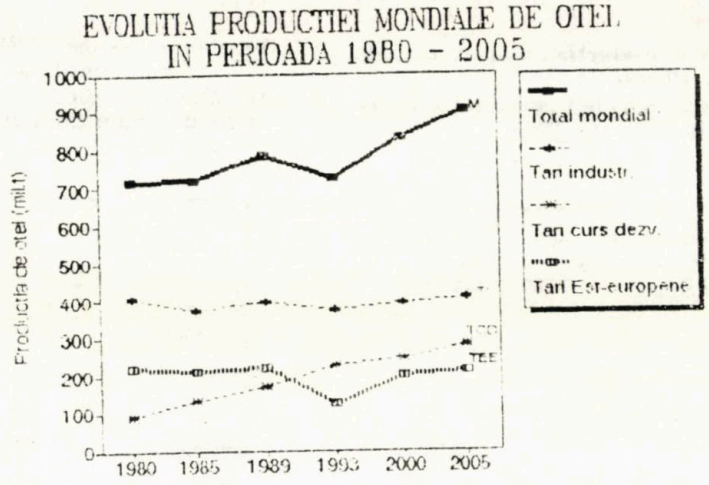


Fig. 1, a

Evolutia productiei mondiale de otel în perioada 1980 - 2005
World steel output development between 1980 - 2005

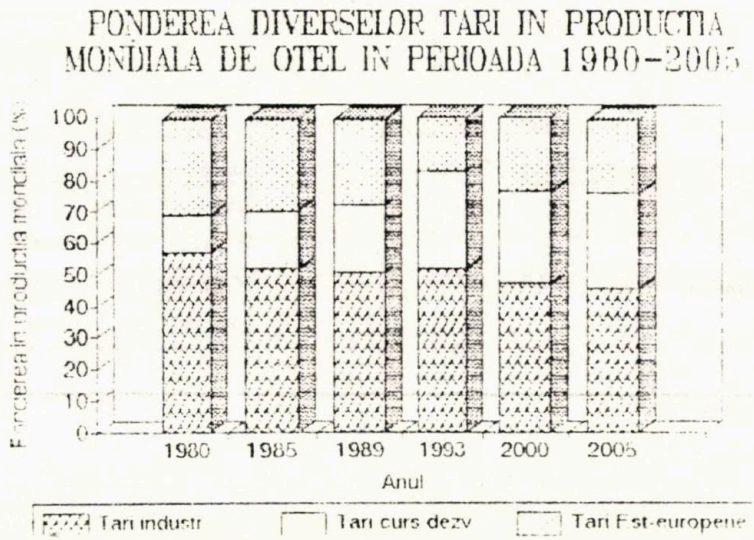


Fig. 1, b

Ponderea diverselor tari în productia mondiala de otel în perioada 1980 - 2005
The share of certain nations in world steel production in 1980 - 2005

substituit, neinventându-se înca un alt material care sa-l concureze.

Între produsele strict necesare omenirii si care nu se pot realiza decât prin utilizarea preponderenta a otelului se vor enumera: masini pentru prelucrarea metalelor, mijloace de transport, masini si unelte agricole, echipamente termoenergetice, nave, bunuri de larg consum cu folosinta îndelungata (ex.: frigidere, aragaze, sobe, butelii aragaz s.a), utilaje chimice, metalurgie, miniere, refractare, alimentare, centrale nuclearo-electrice, instalatii si material tubular pentru foraj-extractie, armarea constructiilor si echipamentelor metalice de înalta rezistenta, tehnica militara, unelte si scule generale, materiale pentru calea ferata, etc.

Având în vedere ca economia României realizeaza astfel de produse si activitati, strict necesare tuturor sectoarelor, se impune ca metalurgiei sa i se acorde o importanta deosebita.

De altfel, aceasta masura nu este singulara deoarece la nivelul mondial exista aceeasi orientare, dupa cum rezulta si din diagrama 1 trasata cu datele înscrise în tabelul 4, cu realizarile la productia de otel pe plan mondial si pe grupe de tari, pentru perioada

1980-1993, precum si cu prognoza IISI si a Bancii Mondiale până în anul 2005.

In concluzie, se mentioneaza ca industria metalurgica are perspective de dezvoltare la nivel mondial, deoarece este o ramura necesara dar si rentabila, fiindca în alta situatie tarile industrializate ar fi recurs la import de produse finite din metal.

România, care importa cca 90% din minereul de fier si cca 75% din carbunele cocsificabil necesar, asigura consumul intern de produse siderurgice în proportie de cca 95% si participa intens la schimbul international cu metal.

In ultimii 10 ani tara noastra a exportat 25-50% din productia realizata de siderurgie, din care 65-100% pe devize convertibile, deci mai mult cu 2/3 din metalul livrat în exterior a fost în tari cu economie de piata. Metalurgia românească a reusit ca din export propriu sa compenseze cheltuielile efectuate cu importul de materii prime si resurse energetice, aducând si un aport valutar care în anul 1993 a fost de cca 16 mil.$, contribuind ca de fiecare data la echilibrarea balantei de plati externe, în conditiile în care mai mult de 50% din metalul produs s-a livrat pentru consumul intern necesar României.

REVISTA REVISTELOR

OGNEUPORÎ, *Federatia Rusa, 1993, nr.1*

- Obtinerea oxidului de magneziu din deseuri dolomitizate, p. 2. Proprietatile fizico-chimice ale pulberii de dioxid de zirconiu partial stabilizate, p. 4

- Ceramica pe baza de nitrura de siliciu, p. 6

- Obtinerea spinelului pulverulent alumomagnezian cu utilizarea prin inductie a plasmatronului de inalta frecventa, p. 12

- Influenta temperaturii asupra procedeului de nitrurare a siliciului, p. 14

- Determinarea anhidridei fosforice în produsele gazoase rezultate din tratamentul termic al maselor argiloase de samota pe baza de acizi ortofosforici, p. 17

- Determinarea scandiului în ceramica cu oxizi de zirconiu, p. 20

- Metoda de alegere a parametrilor optimi ai turnarii cu slicher, p. 21

- Materiale refractare obtinute din zgura prin reducerea alumotermica a niobiului, p. 24

- Tehnologie rapida de obtinere a caramizilor fara samota cu porozitate foarte mare, p. 27

- Mecanismul de destupare a paharelor pentru turnarea otelului, p. 30

OGNEUPORÎ, *Federatia Rusa, 1993, nr.2*

- Analiza si utilizarea criteriilor de uzura a materialelor refractare, p.2

- Influenta presiunii de formare asupra capacitatii de sinterizare a pulberilor foarte fine din dioxid tetragonal de zirconiu, p.5

- Influenta tratamentului hidrostatic al semifabricatului si regimurilor de aglomerare asupra proprietatilor ceramicii în sistemul tualit - mulit - corindon, p.12

- Compozitia de faza a refractarelor sinterizate din oxid de calciu cu adaos de TiO_2 p.15

- Studierea parametrilor de deplasare a amestecului format din solutie cu apa la aplicarea betonului torcretat, p.17

- Particularitatile ceramicii din oxizi pentru constructii, obtinute din pulberi maruntite mecanic, p.20

- Oxid de magneziu în Ucraina de Vest, p.23

- Tehnologia de obtinere a caramizilor usoare cu neomogenitate dirijata, p.27

- Atestarea instalatiei pentru controlul nedistructiv al caramizilor refractare, la uzina de refractare Zaporojie, p.29

- Materiale refractare pe baza de bauxita pentru instalatiile de vidare a otelului, p.31

- Materiale fibroase în rulori pentru protectia termica a agregatelor la temperaturi de până la 1350^0C, p.33

INFLUENTA COMPOZITIEI CHIMICE A OTELURILOR DE CEMENTARE ASUPRA GROSIMII STRATURILOR CARBURATE

Dr.ing. Nicolae Geru,profesor, dr.ing.Toma Vasile, sef de lucrari - Universitatea"Politehnica"Bucuresti

C.Z.: 669.141.32

Influenta parametrilor termici, temporali si chimici asupra cineticii globale a carburarii a constituit obiectul a numeroase cercetari [1],[2],[3]. Cu toate acestea sunt înca multe aspecte ale acestei probleme, mai ales din punct de vedere cantitativ, care necesita înca cercetari si precizari.

In prezenta lucrare sunt date câteva dintre rezultatele unei cercetari mai ample [4] efectuate asupra acestei probleme si anume influenta compozitiei chimice a otelurilor supuse cementarii asupra cineticii globale a carburarii otelurilor de cementare. In acest scop au fost alese pentru cercetare oteluri frecvent utilizate în industrie OLC 15, 15 Cr08 si 21 MoMnCr 12.

Experimentarile s-au efectuat într-o atmosfera endoterma cu 3% CH_4, la trei potentiale 0,8; 1,0 si 1,2 %C, la temperaturi de 1125 K (850^0 C), 1198 K (925^0C) si 1273 K (1000^0 C) si la durate cuprinse între 2 si 8 ore. Rezultatele obtinute sunt prezentate în tabelul 1. Cu datele din acest tabel, pentru temperatura de 1198 K (925^0C)si π_c = 1,00 %C, s-au obtinut curbele de variatie a grosimii (mm) pentru cele trei oteluri analizate ale stratului carburat în functie de durata de carburare τ (ore) si prezentate în figura 1.

Din tabelul 1 si din figura 1 rezulta ca grosimea s a stratului carburat în conditiile mentionate depinde puternic de compozitia chimica a otelului si de durata de carburare.

Considerând compozitia chimica, rezulta clar ca s are cea mai mare valoare (pentru toate duratele de carburare) la oteluri carbon (OLC 15) si ca aceasta grosime a stratului se micsoreaza cu cresterea gradului de aliere.

Cu alte cuvinte, grosimea s a stratului carburat este puternic influentata de natura elementelor de aliere, numarul si proportia în care aceste elemente se gasesc în otel. Influenta naturii elementelor de aliere si a continutului în aceste elemente asupra grosimii s a stratului carburat se explica prin faptul ca elementele de aliere modifica atât concentratia de echilibru C_{ech} (concentratia cabonului în suprafata piesei), cât si coeficientul de difuzie D_c al carbonului din austenita. Daca elementele de aliere maresc C_{ech}, cum se întâmpla în cazul elementelor carburigene, stratul creste, dar, deoarece coeficientul de difuzie se micsoreaza, se va produce o micsorare a grosimii stratului. Ca urmare, efectul global al elementelor de aliere carburigene asupra grosimii s a stratului carburat depinde de cei doi factori (cresterea concentratului C_{ech} si micsorarea coeficientului de difuzie D_c) este mai puternic. Este posibil ca S sa creasca (daca predomina influenta C_{ech}) sau ca s sa

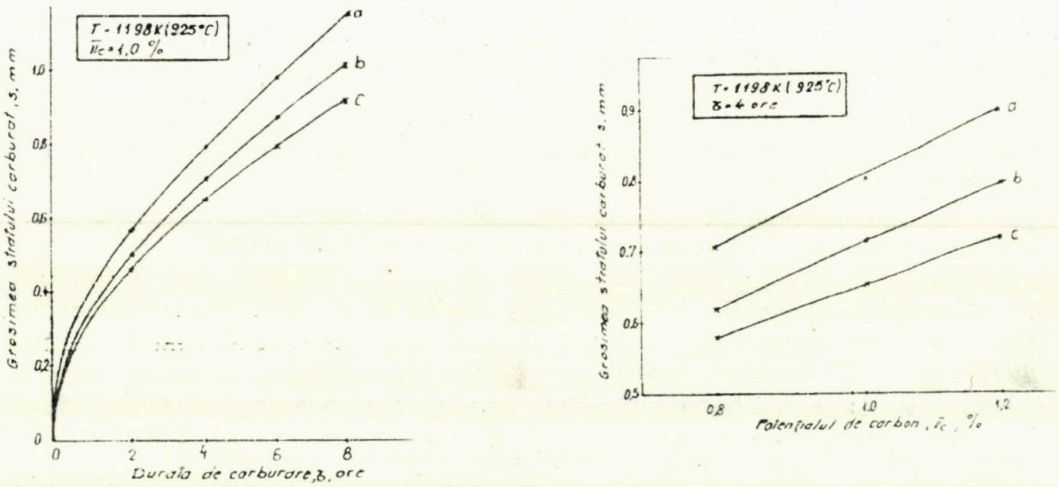


Fig. 1

Dependenta grosimii s a stratului carburat în functie de durata carburarii: a - OLC 15; b - 15 CR08; c - 21 MoMnCr 12
Carburized layer thickness, s, depending on carburizing time

Tabelul 1

Dependenta grosimii *s* a stratului carburat de potentialul de carbon, temperatura si de durata de carburare

Carburized layer thickness *s* depending on carbon potential, temperature and carburizing time

Potentialul de carbon, %	Temperatura, K, °C											
	1123 K (850°C)				1198 K (925°C)				1273 K (1000°C)			
	Durata, ore											
	2	4	6	8	2	4	6	8	2	4	6	8
	Grosimea stratului, mm											
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
												OLC15
0,8	0,34	0,48	0,59	0,69	0,50	0,71	0,87	1,01	0,72	1,02	1,23	1,45
1,0	0,38	0,54	0,65	0,77	0,57	0,80	0,98	1,14	0,80	1,14	1,38	1,63
1,2	0,44	0,62	0,74	0,88	0,64	0,91	1,10	1,27	0,86	1,25	1,52	1,77
												15 Cr 08
0,8	0,29	0,41	0,50	0,58	0,44	0,62	0,77	0,87	0,64	0,90	1,11	1,29
1,0	0,33	0,47	0,57	0,66	0,55	0,71	0,86	1,01	0,73	1,03	1,27	1,45
1,2	0,38	0,53	0,66	0,75	0,56	0,79	0,97	1,12	0,80	1,13	1,39	1,59
												21 MoMnCr 12
0,8	0,27	0,38	0,47	0,54	0,41	0,58	0,71	0,82	0,58	0,82	1,00	1,16
1,0	0,30	0,42	0,52	0,59	0,46	0,65	0,79	0,92	0,68	0,96	1,18	1,36
1,2	0,34	0,48	0,59	0,68	0,51	0,72	0,88	1,02	0,76	1,08	1,31	1,53

se micsoreze (daca predomina influenta coeficientului de difuzie D_c).

Considerând elementele de aliere necarburigene, cum sunt nichelul si siliciul, efectele asupra concentratiei C_{ech} si asupra coeficientului de difuzie D_c, deci asupra grosimii *s* a stratului sunt exact inverse.

Din experimentarile efectuate rezulta ca grosimea *s* a stratului carburat se micsoreaza de la otelul OLC 15 la 15 Cr08 si mai departe la 21MoMnCr 12. Rezultatele astfel obtinute sunt deosebit de utile pentru ingineria tehnologica în stabilirea cât mai precisa a parametrilor tehnologici de cementare cu carbon a acestor oteluri.

BIBLIOGRAFIE

[1] **Wünning J.**: Hörterei Tech.Mitt., 25,1970, nr.1, p.35

[2] **Neuman F., Wyss U.**: Hörterei Tech. Mitt.,25,1970, nr.4, p.253

[3] **Eckstein H.J.**: Technologie der Wörmebehandlung von Stahl, Leipzig, 1986, p.440-447

[4] **Vasile T.**: Teza de doctorat, 1992, Bucuresti

TÂRGURI, CONFERINTE SI CONGRESE INTERNATIONALE

19 - 23 iunie 1995 *Al cincilea congres european asupra otelului electric* **Paris**, Franta

ASPECTE PRIVIND FORMAREA GRAFITULUI LAMELAR ÎN ZONA DE SUPRAFATA A PIESELOR TURNATE DIN FGN

Ing. Valer Micle, sef de lucrari Universitatea Tehnica Cluj- Napoca

C.Z.: 621.74

Introducere

Degenerescenta grafitului în zona de suprafata a pieselor turnate din fonta cu grafit nodular se caracterizeaza prin prezenta grafitului sub forma lamelara sau pseudolamelara, pe o adâncime de pâna la câteva zecimi de mm, acest defect al pieselor turnate fiind influentat de conditiile de elaborare, formare si de grosimea pieselor. Un exemplu privind aparitia grafitului lamelar pe o adâncime de 0,65 mm la suprafata unei piese din Fgn, perlito-feritica se prezinta în figura 1.

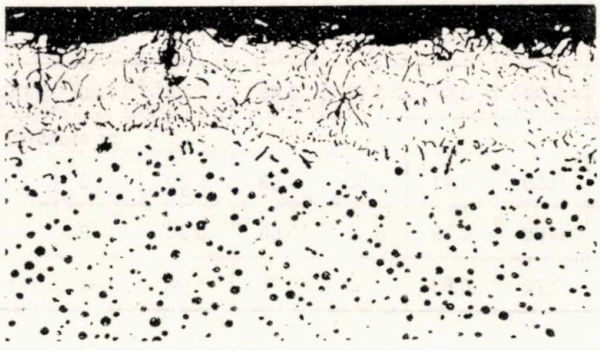


Fig. 1

Exemplu privind aparitia grafitului lamelar în zona de suprafata a pieselor turnate din Fgn
Example of lamellar graphite in the surface layer of nodular iron castings

Acest defect poate avea o influenta negativa mai ales asupra pieselor solicitate mecanic care nu sunt supuse ulterior prelucrarilor mecanice prin care stratul superficial continând defectul se înlatura. Aparitia formelor degenerate ale grafitului (lamelar, pseudolamelar sau vermicular) la suprafata diferitelor piese turnate din Fgn este semnalata de foarte multi producatori din diverse tari constituind obiectul de studiu pentru multi cercetatori.

Modalitati de aparitie a grafitului degenerat în zona de suprafata a pieselor turnate din Fgn

Trager, în studiul sau asupra cauzelor formarii diverselor anomalii de structura în zona de suprafata a pieselor turnate din Fgn, distinge urmatoarele anomalii:

Tabelul 1

Amestecul utilizat	Grosimea zonei cu grafit degenerat, mm	Continutul în sulf, %
Amestec pentru forme crude	0,1	0,06
Amestec pentru forme crude	0,2. . .. 0,4	0,15
Amestec cu rasini furanice	0,2. . . . 0,5	0,13
Amestec cu rasini furanice	0,4 . . . 1,8	0,30

- *anomalia relativa la forma grafitului;*
- *anomalia relativa la matrice.*

Ca regula generala, anomalia matricei nu depaseste câteva zecimi de milimetru adâncime, în timp ce aceea privind forma grafitului poate atinge mai multi milimetri[1].

Deasemenea, **Bjorkegren**, în urma încercarilor asupra fontelor cu grafit nodular turnate în forma din amestecuri pentru forme crude si din amestecuri cu rasini furanice, arata ca grosimea zonei cu grafit degenerat creste cu continutul în sulf al amestecului, conform cu tabelul 1.

S-a constatat si faptul ca grosimea zonei cu grafit degenerat variaza într-o anumita masura cu grosimea piesei [2].

Studiul [3] referitor la degenerescenta grafitului arata ca în cazul utilizarii amestecurilor de formare pentru forme crude, liant bentonita, defectul este mai putin important dar suficient de jenant pentru a compromite rezistenta mecanica a anumitor piese neprelucrate si supuse solicitarilor dinamice. Se confirma ca:

- *îmbogatirea în sulf a stratului superficial creste cu continutul în sulf al amestecului;*

- *grosimea zonei cu grafit degenerat creste cu continutul în sulf al amestecului; o anumita degenerescenta a grafitului poate fi observata la contactul metal-amestec de formare pentru forme crude necontinând sulf. Pornind de la acest aspect se poate presupune ca magneziul activ nu scade numai datorita îmbogatirii în sulf a zonei superficiale ci si datorita unei oxidari si vaporizari superficiale.*

Aparitia unei structuri pseudolamelare este semnalata si de **Martin** si **Krasai** [4] într-un studiu privind diminuarea efectului nodulizant. Microstructura straturilor superficiale (pe o adâncime de pâna la 0,8 mm) este diferita de cea a zonelor interne, straturile superficiale putând contine grafit lamelar,în special în cazul pieselor groase.De asemenea, autorii apreciaza ca, în ceea ce priveste structurile microscopice defectuoase, experienta industriala recenta arata ca se pune din ce în ce mai mult accentul asupra comportamentului jonctiunilor dintre celule. Fonta cu grafit nodular solidifcându-se sub o structura celulara, zonele dintre celule sunt mai bogate în elemente care provoaca degenerescenta grafitului si formarea carburilor (carburi intercelulare sau în cazurile mai serioase-grafit lamelar intercelular).

Examinarile metalografice efectuate de **Schlesiger** si **Siefer** [5] asupra esantioanelor turnate din Fgn au aratat ca din 22 esantioane observate, 21 au prezentat degenerescente ale grafitului în zona periferica. Totodata, au constata ca formele si miezurile realizate din amestecuri pe baza de rasini întarite la rece provoaca mai usor straturi superficiale de grafit lamelar decât formele din amestecuri pe baza de silicat sau argila.

Studiind influenta conditiilor de formare asupra degenerescentei grafitului în zona superficiala a pieselor turnate din Fgn, **Bauer** [6] a constatat, în cazul turnarii în forme din amestecuri cu rasini furanice întarite cu acid paratoluensulfonic (PTS), urmatoarele:

- *degenerescenta grafitului în zona superficiala este o urmare a cresterii continutului în sulf a acestei zone; în comparatie cu esantionul de referinta turnat în forma din amestec pentru forme crude, deteriorarea nodularizarii este vizibila si întinderea deteriorarii creste în functie de proportia amestecului furanic vechi utilizat;*

- *diminuarea adâncimii zonei cu grafit degenerat cu scaderea cantitatii de întaritor (PTS);*

- *adâncimea stratului cu grafit degenerat creste cu cresterea grosimii peretilor esantioanelor analizate (fig.2);*

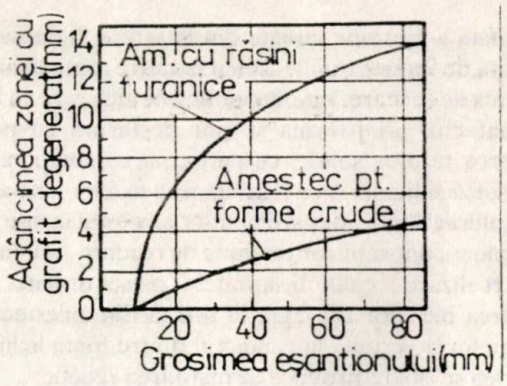


Fig. 2

Influenta grosimii esantionului asupra adâncimii zonei cu grafit degenerat

The influence of sample thickness on degenerated graphite layer depth

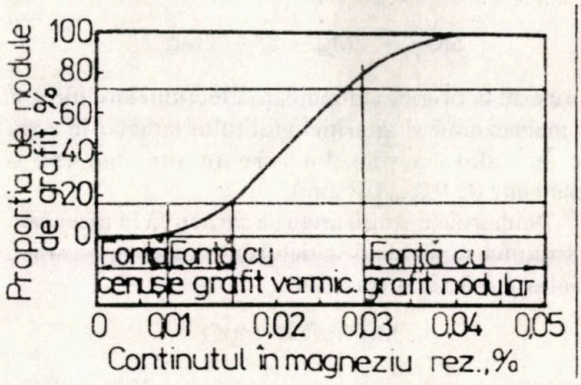


Fig. 3

Influenta continutului în magneziu rezidual asupra proportiei de grafit nodular

Nodular graphite content depending on residual magnesium content

- *diminuarea proprietatilor mecanice ale esantioanelor (din zona superficiala), turnate în forme din amestecuri cu rasini furanice în comparatie cu cele ale esantioanelor turnate în forme din amestecuri pentru forme crude.*

Factori care influenteaza aparitia grafitului degenerat în zona de suprafata a pieselor turnate din Fgn

Aparitia grafitului degenerat în zona de suprafata a pieselor turnate este cauzata de procesele fizico-chimice care au loc la suprafata de contact aliaj-forma, structura zonei superficiale a piesei turnate formându-se direct sub influenta formei. Interactiunile de natura mecanica, termica si chimica, care au loc la turnarea fontei în forma între fonta lichida si peretele formei, influenteaza atât structura superficiala a pieselor cât si caracteristicile mecanice ale acestora. Interactiunile mecanice si termice cauzeaza aparitia unor defecte de suprafata cum ar fi: arsuri, cruste, creste. Aparitia grafitului degenerat în zona de

suprafata a pieselor turnate din Fgn este, îndeosebi, cauzata de interactiunile chimice dintre fonta lichida si forma de turnare. Interactiunile chimice care au loc la contactul aliaj-forma se pot desfasura cu participarea fazelor solide, cu participarea componentilor solizi si lichizi si cu participarea fazelor gazoase.

Interactiunile cu participarea fazelor gazoase au o amploare deosebita în tendinta de oxidare a aliajului si de realizare a calitatii suprafetei piesei turnate. La turnarea pieselor din Fgn, în forma din amestecuri pentru forme crude, la contactul dintre fonta lichida si forma se poate produce urmatoarea reactie:

$$SiO_2 + 2C \rightarrow 2CO + Si$$

care duce la cresterea continutului în siliciu în zona de suprafata a pieselor. De asemenea, marirea continutului în siliciu în zona de suprafata a pieselor din Fgn are loc si prin reactia:

$$SiO_2 + 2Mg \rightarrow Si + 2MgO,$$

care este la originea diminuarii efectului modificator al magneziului si aparitiei grafitului lamelar în zona de suprafata a pieselor turnate din Fgn (pe o adâncime de 0,2 ... 0,8 mm).

Numeroase studii arata ca saracirea în magneziu a stratului superficial se datoreaza oxidarii acestuia, conform reactiei urmatoare:

$$Mg + O \rightleftarrows MgO$$

si datorita combinarii magneziului cu sulful, conform reactiei:

$$Mg + S \rightleftarrows MgS,$$

reactie mai des întâlnita la turnarea fontelor cu grafit nodular în forme din amestecuri cu rasini furanice, care duce la aparitia grafitului lamelar în zona de suprafata a pieselor turnate.

Intre fonta lichida si forma poate avea loc si reactia:

$$Mg + H_20 \rightarrow MgO + 2H$$

care, la fel, poate duce la dezactivarea magneziului ca element nodulizant si la aparitia grafitului degenerat în zona de suprafata a pieselor turnate [7], [8], [9].

Studiile efectuate de diferiti cercetatori confirma cele mentionate anterior. Astfel,Trager [1] în studiul sau asupra zonei de suprafata a pieselor turnate din Fgn prezinta drept cauza a anomaliilor în zona superficiala dezactivarea magneziului când acesta se gaseste în contact cu un material continând sulf, rezultând o saracire în magneziu a zonei superficiale si formarea grafitului vermicular sau lamelar în aceasta zona. De asemenea si studiile [2], [3], [5] asupra zonei de suprafata a pieselor turnate din Fgn arata ca grosimea straturilor superficiale cu grafit degenerat creste cu continutul în sulf al amestecurilor de formare utilizate. S-a constatat si faptul ca o anumita degenerescenta a grafitului poate fi observata în zona de suprafata a pieselor din Fgn turnate în forme din amestec pentru forme crude, necontinând sulf, putându-se spune ca magneziul activ scade în zona superficiala si datorita oxidarii si vaporizarii superficiale [3].

In aparitia grafitului lamelar la suprafata pieselor din Fgn, factorii de influenta specifici zonei de contact metal-forma influenteaza continutul de Mg rezidual, care are influenta directa asupra proportiei de grafit nodular. Influenta continutului în magneziu rezidual asupra proportiei de grafit nodular poate fi urmarita în figura 3, în care se prezinta, printr-o curba în forma de S, trecerea fontei cu grafit lamelar la fonta cu grafit nodular în functie de continutul în magneziu, determinata de **Lampic** [10].

Intr-un studiu asupra formelor degenerate ale grafitului la fontele cu grafit nodular, **Tylbuczuc** s.a [11] au obtinut mai multe microstructuri prin variatia continutului în magneziu rezidual, adaugarea unor elemente perturbatoare si prin variatia grosimii pieselor turnate, concluzionând ca excesul sau insuficienta magneziului duce la deteriorarea formei nodulare a grafitului, acest fapt fiind constatat si de alti cercetatori.

Rolul interactiunilor chimice, dintre fonta lichida si forma, în formarea grafitului degenerat la suprafata pieselor turnate din Fgn este prezentat si de **Voronstov** [12]. Sulful si oxigenul prin reactiile cu magneziul au un rol principal privind formarea grafitului lamelar în zona superficiala; temperatura de turnare, de asemenea are un rol deosebit privind formarea grafitului degenerat.

Recomandari privind diminuarea grosimii stratului cu grafit degenerat din zona de suprafata a pieselor din Fgn

Având în vedere efectul negativ pe care-l atrage dupa sine aparitia grafitului degenerat în zona de suprafata a pieselor turnate din Fgn, atât specialistii din productie cât si cercetatorii au cautat explicarea cauzelor si solutii privind reducerea pe cât posibil a grosimii stratului cu grafit lamelar. Trager [1] recomanda practicarea unei vopsiri a formei cu un strat de vopsea pe baza de alcool care împiedica decarburarea si eliminarea magneziului din zona superficiala. De asemenea, acelasi cercetator arata ca, pentru a elimina anomaliile trebuie vopsite formele cu un strat reductor si sarac în sulf, în situatia când formele nu pot fi realizate dintr-un amestec cu proprietati oxido-reducatoare convenabile si un continut în sulf suficient de scazut. Utilizarea unor vopsele cu continut de CaO, MgO sau tale duce la împiedicarea migrarii sulfului din amestecul de formare spre metal, acestea având proprietati de protectie eficace.

Bjorkegren [2] recomanda ca posibilitate de diminuare a zonei cu grafit degenerat, utilizarea unui

sistem de turnare care sa permita reducerea timpului de contact intre suvoiul de metal si forma.

Voronstov [12] recomanda utilizarea unor vopsele pe baza de grafit, aluminiu si pamânturi rare in vederea minimalizarii grosimii stratului cu grafit degenerat.

Intr-un studiu privind influenta defectelor superficiale (pori, grafit degenerat etc.), asupra pieselor turnate din Fgn, **Lecoq** arata ca sablarea de pretensionare poate influenta pozitiv, diminuând influenta defectelor si in special cea datorata grafitului degenerat [13].

Concluzii

Conditiile susceptibile de a provoca o degenerescenta a grafitului in zona de suprafata a pieselor turnate din Fgn sunt:

- *grosimea peretilor pieselor > 25 mm;*
- *continutul ridicat în sulf al amestecurilor de formare;*
- *continutul în magneziu al fontei relativ scazut (≤ 0,035% Mg) si/sau continutul în sulf al amestecului relativ ridicat (> 0,01% S); realizând o atmosfera prea putin reductoare; combinarea acestor ultime doua elemente fiind principala cauza privind aparitia celor mai importante degenerescente ale grafitului în zona de suprafata a pieselor din Fgn.*

Diminuarea grosimii stratului cu grafit degenerat se poate face prin:

- ♦ limitarea continutului în sulf din amestecurile de formare;
- ♦ evitarea continuturilor in magneziu prea scazute;
- ♦ mentinerea unei temperaturi de turnare cât mai joase;
- ♦ cresterea numarului de alimentatoare cu aliaj lichid în vederea reducerii timpului de contact aliaj lichid/forma.
- ♦ reducerea grosimii pieselor;
- ♦ utilizarea unor vopsele adecvate.

BIBLIOGRAFIE

[1] **H. Trager** - *Gefugeanomlien bei Gusseisen mit Kugelgtaphit in Randzonen unter der Gusshant.* Giesserei-Praxis. 17 - 18, sept. 1986

[2] **E. Bjorkegren** - *Résultats présentés à la reunion de la commission 7-a-Fonte a GS.* Reuniondu 08.05.1985 de la Commission CIATF

[3] *Dégénérescence du graphite sphéroidal sous la peau de fonterie dans le cas de la coulée en sable vert.* Reunion du 08.05.1985 de la commission 7-a du CIATF
Annexes (Geisserei Institut/Leoben)

[4] **F. Martin , S. I. Karsay** - *Localized Flake Graphite Structure as a Result of a Reaction Between Molten Ductile Iron and some Components of the Mold.* AFS Transaction, vol.46, 1979

[5] **W. Schlesiger, W. Siefer** - *Influence de l'enduit sur la resulfuration et la graphitisation dans la zone périphérique des pieces en fonte.* Traduction CTIF (dupa Giesserei, 75, Febg., 1988)

[6] **W. Bauer** - *Étude de la dégénérescence de la sphéroidisation en zone superficielle des fontes à graphite sphéroidal lors du moulage dans des moules furanniques durcis a l'acide paratoluenesulfonique.* Traduction Renault B/ 11269 (dupa Giesserei - Runschau, 28.1981, nr.10)

[7] **L. Sofroni** s.a - Fonta cu grafit nodular, Editura Tehnica, Bucuresti, 1978

[8] S. I. **Karsay** - Production de la fonte GS-I Point de technique a jour, Qit Fer Et Titane Inc., Montreal, Canada, 1976

[9] **M. Hecht** - *Les défauts des pièces en fonte a graphite sphéroidal et leur elimination.* Communication ecrite. Stage Actifor Ct 19

[10] **M. Lampic** - *Une nouvelle chance pour la fonte à graphite vermiculaire.* Traduction CTIF nr.4950 (dupa Giesserei, nr.21,1992)

[11] **J. Tybulczuk** s.a - *Étude sur les formes dégénérés du graphite.* Fonderie 355, Avril, 1976

[12] **V. I. Vorontsov** s.a - *Anomalous graphite in castings of magnesium-inoculated iron.* Izv, VUZ chernaya Metall., (7), 1979

[13] **J. Lecoq** - *Fonte Gs ferritique. Influence de la peau de fonderie sur la tenue en fatigue.* Mem.Sc.Rev.Met., nr.68, sept, 1988

TÂRGURI, CONFERINTE SI CONGRESE INTERNATIONALE

25 iunie - 1 iulie 1995 *Metallurgiya - Interlitmash '95* **Moscova**, Rusia
Tehnologii metalurgice, sârma, turnare

STUDIU EXPERIMENTAL ASUPRA APARITIEI GRAFITULUI LAMELAR IN ZONA DE SUPRAFATA A PIESELOR TURNATE DIN FGN

Ing.Valer Micle, sef de lucrari , Universitatea Tehnica Cluj-Napoca

Ing.Amadeo Mantovan, ing.Simone Parent-Simonin, ing. Jaques Fargues
- Centre Technique des Industries de la Fonderie, Franta

C.Z.: 621.74

Introducere

Analiza bibliografica efectuata arata ca se cunosc anumite conditii în care apare degenerescenta grafitului în zona de suprafata a pieselor turnate din Fgn si faptul ca se cunoaste mai putin în cea ce priveste diminuarea grosimii stratului cu grafit degenerat si înlaturarea efectului negativ generat de anomalie. De asemenea se cunoaste putin în ceea ce priveste influenta tipului de fonta cu grafit nodular asupra degenerescentei grafitului în zona de suprafata a pieselor.

Cercetarea experimentala efectuata la C.T.I.F Sèvres (Franta) si- a propus studiul influentei unor factori importanti (tipul fontei, conditiile de formare, grosimea piesei) asupra aparitiei grafitului lamelar în zona de suprafata a pieselor din Fgn.

Conditii experimentale

S-au ales doua tipuri de fonta cu grafit nodular Fgn I (perlito-feritica) si Fgn II (ferito-perlitica) asupra carora s-a constatat adesea o degenerescenta a grafitului în zona de suprafata.

Compozitia chimica vizata pentru cele doua tipuri de fonta este prezentata în tabelul 1.

Tabelul 1

Tipul fontei	C, %	Si, %	Mn, %	S, %	Mg, %	Cu, %
Fgn I	3,85	2,10	0,46	0,11	0,047	0,21
Fgn II	3,47	2,60	0,053	0,007	0,0341	0

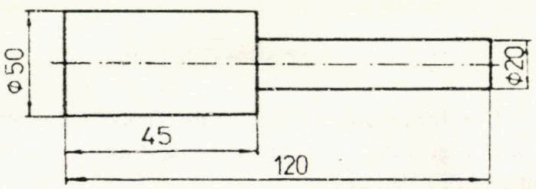


Fig. 1

Dimensiunile epruvetei
Test piece size

Tabelul 2

Tipul fontei	Fgn I				Fgn II			
Numar forma/ epruv.	1	2	3	4	5	6	7	8
Tipul am. de formare	Am. forme crude	Am. sil. - CO_2	Am. forme crude	Am. sil. - CO_2	Am. forme crude	Am. sil. - CO_2	Am. forme crude	Am. sil. - CO_2
Tipul vopselei	Pe baza de alcool	Pe baza de alcool	-	-	Pe baza de alcool	Pe baza de alcool	-	-

Dimensiunile epruvetei turnate sunt prezentate în figura 1. S-au ales aceasta forma si dimensiuni pentru a studia influenta grosimii epruvetei asupra degenerescentei grafitului în zona de suprafata precum si datorita conditiilor tehnice care au stat la dispozitie. Elaborarea fontelor a fost efectuata în cuptorul DOSIVAC, un cuptor cu inductie de înalta frecventa (15 kHz, puterea 12kW), echipat cu un creuzet din silico-alumina cu o capacitate de 1 kg.

Conditiile variabile de formare utilizate sunt prezentate în tabelul 2.

Turnarea în formele din amestecuri pentru forme crude s-a realizat în ziua când s-au executat formele.

Formele din amestecuri pe baza de silicat-CO_2 au fost preîncalzite la 100^{0}C, timp de o ora.

Turnarea epruvetelor s-a efectuat cu ajutorul unei forme suplimentare pentru nodulizarea în forma.

Temperatura fontei lichide în crezuet înainte de turnare, indicata de termocuplu, a fost de 1530°C. Dupa tratamentul cu magneziu (SIMAF), în camera de omogenizare, temperatura fontei trece la 1480°C.

Dupa racirea epruvetelor si dezbaterea formelor s-au decupat esantioane atât pentru analize spectrometrice si chimice cât si pentru analize metalografice în zona de suprafata.

Elementele principale (carbonul, siliciul, magneziul, manganul, sulful, cuprul si fosforul) au fost analizate pentru fiecare turnare. Elementele: cuprul, manganul, siliciul, magneziul si fosforul au fost analizate prin intermediul spectrometrului de emisie GDL cu descarcare luminiscenta Jobin Yvon, iar carbonul si sulful pe cale chimica clasica. Rezultatele analizelor spectrometrice si chimice sunt reprezentate în tabelul 3.

Tabelul 3

Nr. epruv.	C,%	Si,%	Mn,%	S,%	Mg,%	Cu,%	P,%
1	3,50	2,03	0,27	0,006	0,032	0,21	0,03
2	3,59	2,08	0,35	0,005	0,035	0,21	0,03
3	3,23	2,14	0,24	0,005	0,033	0,21	0,03
4	3,58	2,01	0,30	0,005	0,034	0,20	0,03
5	3,28	2,57	0,02	0,006	0,035	0,01	0,03
6	3,25	2,55	0,02	0,006	0,030	< 0,01	0,03
7	3,24	2,50	0,02	0,005	0,032	< 0,01	0,03
8	3,24	2,50	0,02	0,005	0,035	0,01	0,03

Analiza metalografica a esantioanelor prelevate

Dupa polizare clasica, esantioanele prelevate, atât din zona cu diametrul de 20 mm cât si din zona cu diametrul de 50 mm, au fost analizate metalografic prin intermediul microscopului LEITZ. Caracterizarile au fost efectuate cu si fara atac.

Rezultatele analizelor metalografice în zona de suprafata a epruvetelor sunt reprezentate în tabelul 4. Diagramele reprezentând variatia adâncimii stratului din zona de suprafata cu grafit degenerat în functie de grosimea epruvetei sunt reprezentate în figura 2.

Microfotografiile aferente epruvetelor 1...8 ϕ 20 mm si ϕ 50 mm, reprezentând zona de suprafata, fara atac, X 100 sunt prezentate în figurile 3....14 .

Analizele metalografice cu atac nital 4% au indicat ca matricea este perlito-feritica (Fgn I) si feritoperlitica (Fgn II). De asemenea, prin analiza la microscop cu grosismentul 1000, s-a constatat prezenta cementitei atât în jurul particulelor de grafit cât si între acestea (în cantitate mare pentru cele mai multe epruvete si foarte putina pentru epruvetele 4,6,8). De altfel, oxizii patrund usor spre zonele ce contin grafit. Prezenta cementitei atât în jurul particulelor de grafit cât si între particule poate fi explicata prin echilibrele între Fe, C si O în functie de temperatura (studiate de Chaudron). In cazul acesta la contactul forma-metal, exista o apropiere de curba I (deasupra acesteia), în aceasta situatie faza solida Fe C este în echilibru, ceea ce semnifica ca, în acest domeniu, Fe absoarbe carbon, rezultând astfel cementita atât în jurul cât si între particulele de grafit.

Concluzii

Studiul experimental a avut scopul de a observa influenta câtorva parametri asupra degenerescentei grafitului în zona superficiala.

Studiul a fost limitat la alegerea a doua tipuri de fonta cu grafit nodular Fgn I si Fgn II, a doua tipuri de amestecuri de formare si la prezenta - sau nu - a vopselei asupra formei. De asemenea observatiile au putut fi efectuate asupra a doua grosimi, epruveta fiind astfel conceputa.

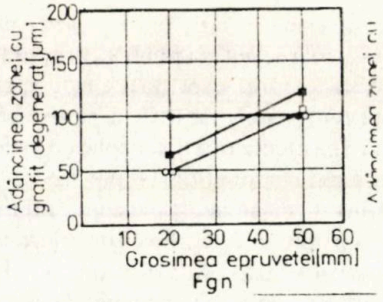
Elaborarea fontei s-a facut cu ajutorul cuptorului DOSIVAC cu capacitatea de 1 kg. Compozitiile chimice ale epruvetelor au rezultat în conformitate cu valorile vizate, exceptând epruveta nr. 3.

Degenerescenta grafitului în zona superficiala este destul de redusa în toate cazurile studiate. In ciuda unui continut în magneziu limitat (0,032%), grosimea zonei perturbate este foarte redusa (0,15 mm pentru epruveta cu diametrul 50 mm).

Se semnaleaza urmatoarele tendinte:

- *perturbatia stratului superficial este aproape inexistenta în cazul formelor din amestecuri pe baza de silicat - CO_2 (cu sau fara vopsea). Oxizii în stratul superficial sunt putin numerosi;*
- *vopseaua utilizata nu prezinta o influenta marcanta asupra grosimii stratului degenerat;*
- *pentru ambele tipuri de fonte se constata o usoara crestere a grosimii stratului cu grafit degenerat în functie de grosimea epruvetei.*

In ceea ce priveste rolul magneziului asupra degenerescentei grafitului, examinarile efectuate cu ajutorul microsondei dau doar câteva informatii semicantitative. O îmbogatire sigura în acest element este remarcata în stratul superficial de oxizi.



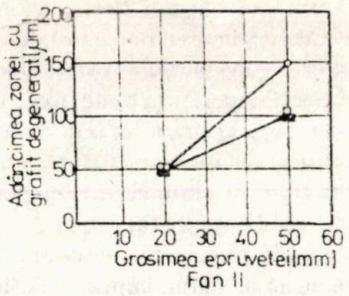


Fig. 2

Variatia adâncimii stratului de grafit degenerat în functie de grosimea epruvetei: forme din amestec de formare pentru forme crude, nevopsite; forme din amestec de formare pentru forme crude, vopsite; forme din amestec silicat - CO_2, nevopsite; forme din amestec silicat - CO_2, vopsite

Lamellar graphite layer depth depending on test piece thickness: green sand moulds, undyed; ● dyed green sand moulds; undyed silicate - CO moulds; dyed silicate - CO moulds

Fig. 3

Epruveta 1; ϕ 20mm
Test piece 1; 20 mm dia

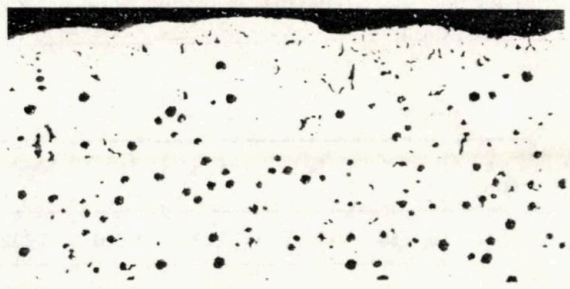


Fig. 6

Epruveta 2; ϕ 50mm
Test piece 2; 50 mm dia

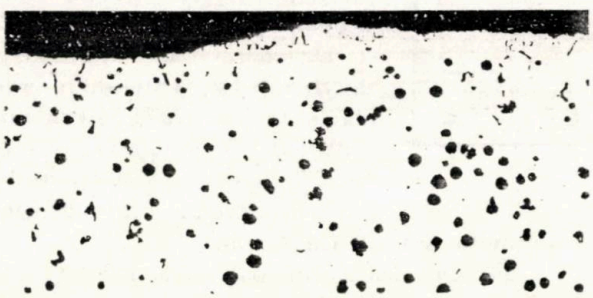


Fig. 4

Epruveta 1; ϕ 50mm
Test piece 1; 50 mm dia

Fig. 7

Epruveta 3; ϕ 20mm
Test piece 3; 20 mm dia

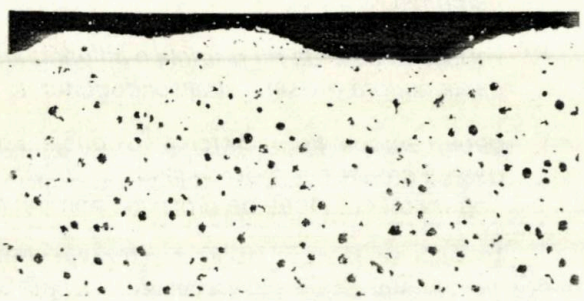


Fig. 5

Epruveta 2; ϕ 20mm
Test piece 2; 20 mm dia

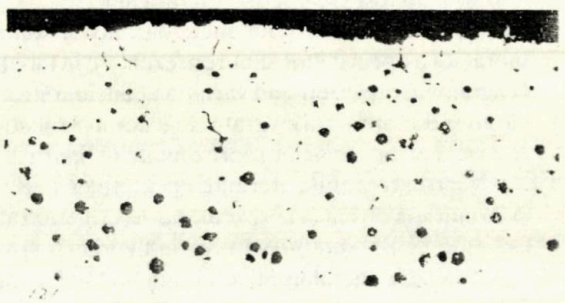


Fig. 8

Epruveta 3; ϕ 50mm
Test piece 3; 50 mm dia

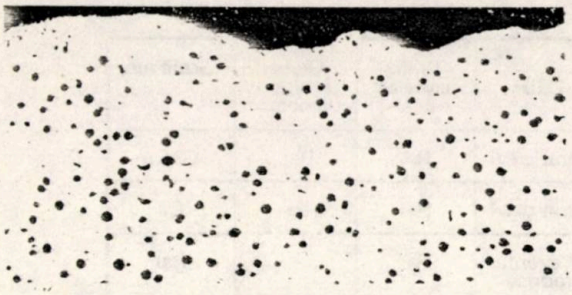


Fig. 9

Epruveta 4: ϕ 20mm
Test piece 4: 20 mm dia

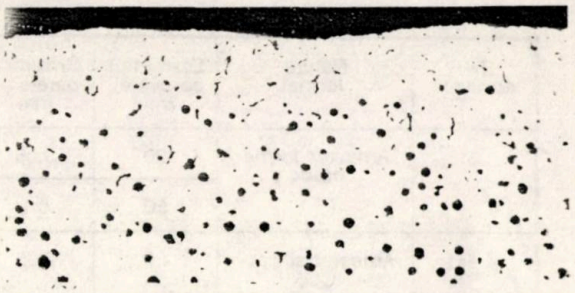


Fig. 12

Epruveta 1: ϕ 20mm
Test piece 1: 20 mm dia

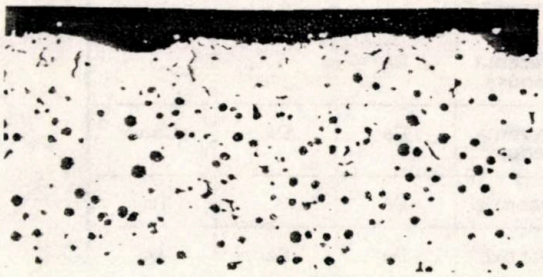


Fig. 10

Epruveta 4: ϕ 50mm
Test piece 4: 50 mm dia

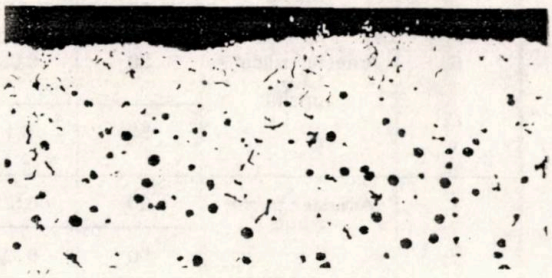


Fig. 13

Epruveta 7: ϕ 50mm
Test piece 7: 50 mm dia

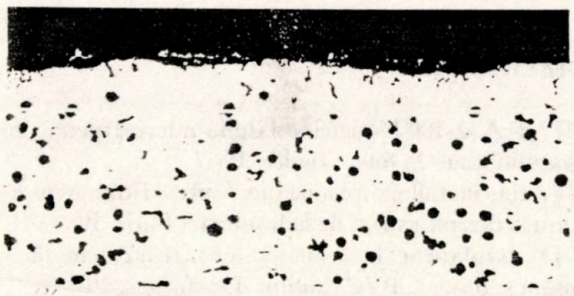


Fig. 11

Epruveta 5: ϕ 20mm
Test piece 5: 20 mm dia

Fig. 14

Epruveta 8: ϕ 20mm
Test piece 8: 20 mm dia

Tabelul 4

Nr. epruveta	Natura formei	Diametrul epruvetei, mm	Grosimea peretelui, mm	Oxizi	Grafit lamelar final	Grafit pseudo - lamelar	Grafit ars
1	Amestec forme crude, vopsita	20	0,1	Strat oxizi	Da	Câtva	Rar
		50	0,1	Strat oxizi	Prezenta redusa	Câtva	Rar
2	Amestec silicat - CO_2, vopsita	20	0,07	Prezenta redusa	Da	-	-
		50	0,12	Prezenta redusa	Da	Da	Câtva

Tabelul 4 (continuare)

Nr. epruveta	Natura formei	Diametrul epruvetei, mm	Grosimea peretelui, mm	Oxizi	Grafit lamelar final	Grafit pseudo - lamelar	Grafit ars
3	Amestec forme crude	20	0,05	Strat oxizi	Rar	Rar	Câtva
		50	0,1	Strat oxizi	Rar	Da	Da
4	Amestec silicat - CO_2	20	0,05	Prezenta redusa	Rar	-	Rar
		50	0,1	Prezenta redusa	Rar	Da	Da
5	Amestec forme crude, vopsita	20	0,05	Strat oxizi	Câtva	Câtva	Rar
		50	0,1	Strat oxizi	-	Da	Rar
6	Amestec silicat - CO_2, vopsita	20	0,05	Prezenta redusa	Da	-	-
		50	0,1	Prezenta redusa	Da	Da	Câtva
7	Amestec forme crude	20	0,05	Strat oxizi	Da	-	Rar
		50	0,15	Strat oxizi	Da	Da	Da
8	Amestec silicat - CO_2	20	0,05	Prezenta redusa	Da	Da	Rar
		50	0,1	Prezenta redusa	Da	Da	Câtva

O tendinta spre saracire în magneziu a zonei superficiale (zona care contine grafit degenerat) este usor marcata. Spre centru, anumite zone, care par a corespunde celor de sfârsit de solidificare sunt usor mai bogate în magneziu.

Ansamblul observatiilor indica ca zona cu anomalii superficiale este constituita din dendrite si într-o proportie redusa, din zone corespunzând reactiei eutectice. Grafitul din aceste ultime zone este foarte degenerat, aceasta datorându-se într-adevar unei oxidari a magneziului.

BIBLIOGRAFIE

[1] NF A32-100 Designation de la microstructure du graphite dans la fonte, Juillet, 1967
[2] Atlas metallographique des fontes. Editions techniques des industries de la fonderie, Paris, 1980
[3] **H. Laplanche:** Les fontes et leurs traitements thermiques, tome 2, PYC Edition -Desforges, 1976

REVISTA REVISTELOR

Steel Research, *Germania, nr. 3, 1993*

Utilizarea calculului termodinamic pentru determinarea comportarii carbonitrurilor de niobiu si vanadiu, p.143
Comportarea termodinamica a fosforului în topiturile de Mn-Si-Ca- P, p.148
Rezultatele practice ale utilizarii unui dop poros din Al_2O_3 cu matrici de TiO_2, Al_2O_3 si MgO, p.153
Influenta spalarii cu apa asupra transferului termic la turnarea continua, p.157
Alierea otelului cu N_2 din faza gazoasa într-un reactor de înalta presiune cu plasma, p.165
Caracteristicile revenirii unui otel bifazic Cr-Mo, p.171
Stabilitatea austenitei reziduale si rolul acesteia în cresterea rezilientei criogenice a otelului Ni9, p.178

CONSIDERATII PRIVIND METODELE DE APRECIERE A MARIMII GRAUNTELUI

Dr.ing. Toma Vasile sef de lucrari, Universitatea "Politehnica" Bucuresti

C.Z:621.785

Este cunoscut faptul ca proprietatile unui material metalic depind nu numai de natura fazelor ce il alcatuiesc ci si de dimensiunile grauntilor.

De asemenea, marimea grauntelui ofera informatii despre modul cum un anumit proces tehnologic de prelucrari la cald a fost condus, adica respectat.

Pentru punerea in evidenta a marimii grauntelui se utilizeaza doua grupe de metode si anume: macroscopice si microscopice.

Metodele macroscopice se bazeaza pe compararea unei suprafete de rupere rezultata prin ruperea unei probe cu suprafata de rupere a unei probe etalon.

Metodele microscopice ofera posibilitati mult mai precise în aprecierea marimii grauntelui, utilizând probe metalografice ce au fost supuse unor tehnici specifice de punere în evidenta a grauntelui.

Lucrarea îsi propune sa prezinte câteva metode de apreciere rapida si cât mai exacta a marimii grauntelui.

Marimea unui graunte poate fi caracterizata prin diametrul volumului echivalent D_v, respectiv prin distanta dintre doua suprafete de contact (fig.1).

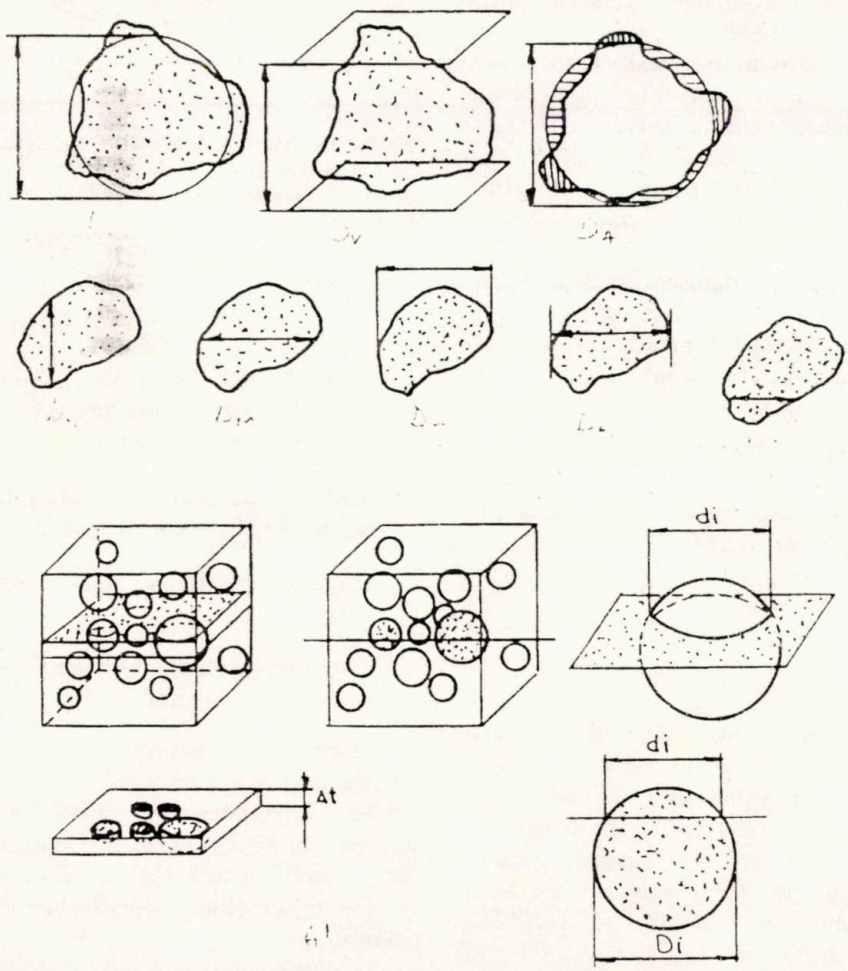


Fig. 1

a- Parametrii pentru caracterizarea grauntilor neuniformi; b - Modul de masurare la analiza lineara a probelor polisate si proiectate
a - Parameters characterising uneven grains; b - Linear analysis measurements on polished and projected samples

La caracterizarea elementelor de suprafata de exemplu suprafetele proiectate sau sectionate, se folosesc urmatorii parametri notati în figura 1:

D_V - diametrul volumului echivalent;

D_M - lungimea liniei de intersectie în directia de palpare, care separa doua semisuprafete egale ale unui graunte (diametrul lui MARTIN);

D_K - lungimea maxima a liniei de intersectie pe directia de palpare (diametrul lui KRUMMBEIN);

D_N - lungimea liniei de intersectie perpendiculara pe linia de palpare (diametrul lui NASSENSTEIN), în punctul de minim;

D_A - diametrul unui cerc cu suprafata echivalenta suprafetei grauntelui (A) : $D_A = \sqrt{4A / \pi}$;

D_S - lungimea statistica a liniei de intersectie în directia de palpare;

D_F - lungimea proiectiei particulei perpendiculara pe directia de palpare (diametrul lui FERET), depinde de orientarea grauntelui.

Masurarea marimii grauntelui se efectueaza prin urmatoarele metode:

Metoda compararii fotografiei structurii cu o structura etalon, reprezentate la aceeasi scara si descrise prin numere normale în trepte;

Metoda steorologica cu reticul retea.

O retea patrata alcatuita din 5 linii si 5 coloane formeaza 25 noduri (puncte) de masurare. Aceasta retea este montata în planul imaginii reale a microscopului si se suprapune cu imaginea micropreparatului. Se foloseste în doua situatii si anume:

a) Metoda întâlnirii (metoda Glagolev), care consta în numararea punctelor de intersectie cu grauntii. Daca numarul total de puncte al retelei este N = 25 si numarul punctelor de intersectie este N_T = 9, volumul ocupat de acestea este:

$$P_T = N_T/N = 9/25 \text{ (fig. 2.a)}$$

Este bine ca masurarea (numararea) sa se faca de n ori si sa determine valoarea medie.

$$P_{T_m} = \frac{\sum_{1}^{n} P_T}{n}$$

Se va alege marimea transversala a obiectivului în asa fel încât latura patratului sa fie egala cu distanta dintre grauntii. In acelasi timp este necesar ca distributia grauntilor în câmpul vizual sa fie aleatoare.

Notând cu L = 50 unitati - lungimea totala a liniilor de masurare utilizate; s - numarul de puncte de intersectie al liniilor cu marginile structurii; N_{α} - numarul de intersectii pe componenta α si s_{α} - numarul de puncte de intersectie al liniilor de masurare cu limitele (contururile) componentei α, se poate scrie:

» partea de volum sau de suprafata a componentei în structura partiala:

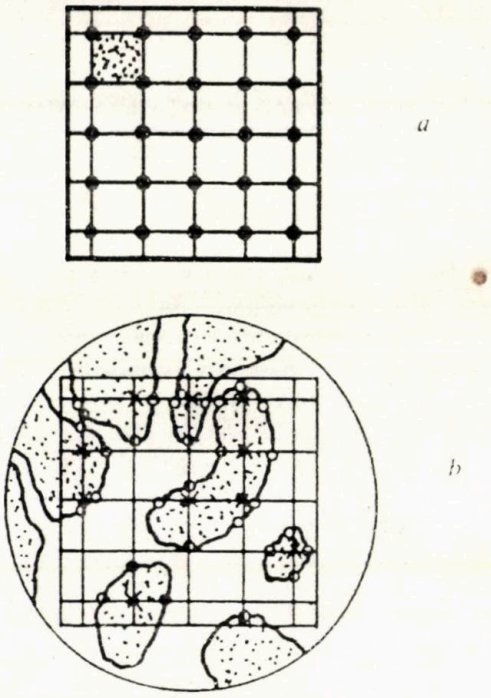


Fig. 2

Schema privind utilizarea metodei Glogalev: a - reticul; b - câmpul vizual al microscopului

The use of Glagolev method: a - reticule; b - microscope visual scope

$$V_{\alpha}/V = F_{\alpha}/F = N_{\alpha}/N;$$

» suprafata specifica a componentei α:
$S_{\alpha} = 2s_{\alpha}N/L\,N_{\alpha}$; (în figura 2,b,
$s_{\alpha} = 2 \cdot 29 \cdot 25 / (50 \cdot 11) = 2,6$;

» marimea grauntelui = coarda medie în grauntele structurii spatiale D = L/s;

» suprafata interioara specifica a structurii spatiale: S = 2s/L;

» lungimea totala a unei linii pe suprafata de observatie: 1 = π s/2L

b) Metoda intersectiei (sectiunii) = metoda Snyder-Graff

Metoda sectiunii, dupa Snyder-Graff, nu necesita structuri modele si permite stabilirea unor numere caracteristice pentru structura de cercetat.

Un reper (linie) de pe reticul intersecteaza grauntii.

Se numara grauntii intersectati (fig.3), se repeta operatia pentru 10 directii diametrale diferite si se determina media grauntilor intersectati. Acesta este numarul lui Snyder-Graff (N_{SG}). Daca lungimea liniei de palpare (de intersectie) în câmpul obiect este de

0,005" = 127 μm, atunci valoarea diametrului mediu al grauntelui este:

$$D_{SG} = \frac{1}{N_{SG}} \cdot \frac{5}{1000} \text{ în toli sau}$$

$$D_{SG} = \frac{1}{N_{SG}} \cdot 127 \text{ în } \mu m$$

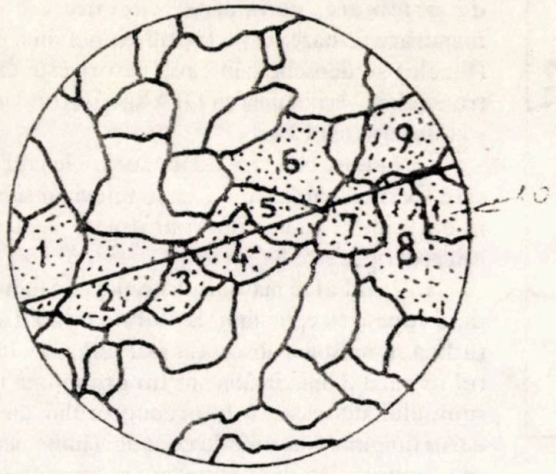


Fig. 3

Schema privind utilizarea metodei Snyder - Graff
The use of Snyder - Graff method

Tabelul 1

Exemplu de calcul folosind metoda Snyder - Graff
Computation case using Snyder - Graff method

Numarul de ordine al masurarii	Nr. de graunti intersectati	Diametrul mediu al grauntelui
1	11	
2	15	
3	13	Numarul lui Snyder - Graff
4	17	$N_{SG} = 128/10 = 12,8$
5	10	Diametrul:
6	12	$SG = \frac{1}{12,8} \cdot \frac{5}{1000}$, toli
7	13	$D_{SG} = \frac{1}{12,8} \cdot 127\ \mu m$
8	9	
9	16	
10	12	
Nr. total 128		

Exemplul de calcul este prezentat în tabelul 1.

Metoda granulometrica

Pentru masurarea diametrului FERET D_F se poate folosi un ocular cu surub micrometric sau un reticul în forma de retea cu pasul în progresie geometrica cu ratia $\sqrt{2}$

Se mentine grauntele în pozitia în care apare în câmpul vizual, se aseaza reperul 0 la marginea din stânga si apoi se citeste pozitia conturului în dreapta.

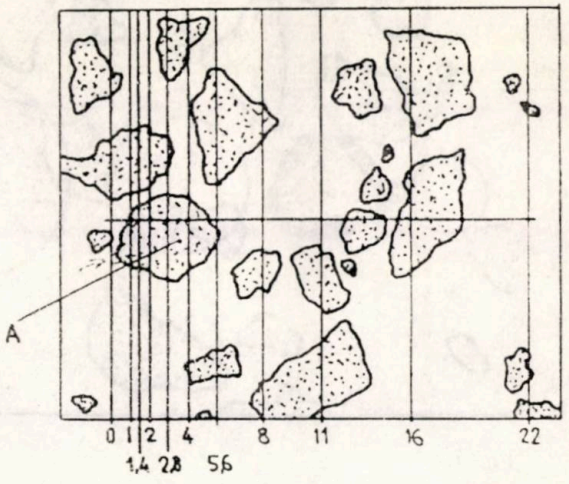


Fig. 4

Exemplu de utilizare a metodei granulometrice
The use of grain size measurement method

In figura 4, grauntele A este cuprins între reperele 0 si 5,6. Diametrul FERET al particulei este $D_F = 5,6$. Se iau în considerare toti grauntii care sunt intersectati de linia orizontala a retelei.

Obiectivul microscopului se alege în asa fel încât grauntele maxim sa fie aproximativ egal cu intervalul maxim al reticulului.

In acelasi mod se determina coarda, lungimea statistica DS a liniei de intersectie a grauntelui. Astfel se deplaseaza obiectul de-a lungul liniei orizontale pâna când marginea din stânga se suprapune cu punctul de intersectie al verticalei zero (0) cu linia orizontala. Apoi se citeste pozitia marginii din dreapta pe linia orizontala. In figura 5 aceasta este:

$$8 < D_S < 11.$$

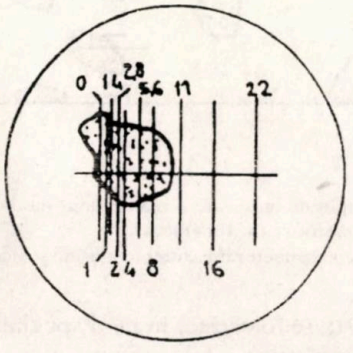


Fig. 5

Detaliu privind masurarea unui graunte
Detail-measurement of a grain

Se iau în considerare numai grauntii pe care îi intersecteaza linia orizontala.

Diametrul D_A al cercului cu suprafata echivalenta grauntelui se determina cu un reticul alcatuit din cercuri cu diametre cuprinse între ϕ 0,2 si ϕ 2,2, cifrele reprezentând zecimi de milimetri.

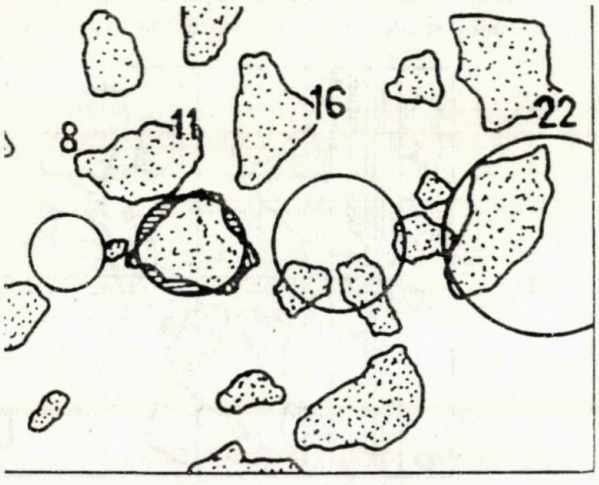


Fig. 6

Exemplu privind utilizarea reticulului cu cercuri în aprecierea diametrului D_A

Circle reticule use in grain diameter measurements

In figura 6 ($D_A \approx 11$) este prezentat acest mod de masurare.

Cariometria cu scara gradata 2 x 10 : 100

In figura 7 este reprezentat un reticul cu doua scari perpendiculare, cu diviziunea D = 0,1 mm.

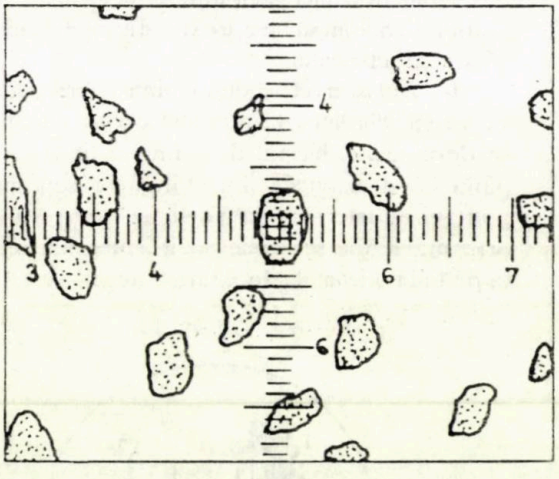


Fig. 7

Exemplu de masurare a diametrului mediu $\overline{D}$, folosind metoda cariometrica cu scara gradata

Average diameter measurement using scaled cariometry

Aceasta se foloseste, în mod special, pentru particule ovale, eliptice.

Se masoara axele elipsoidului. Diametrul mediu este $D = (2d + D)/3$ în care D este diametrul (axa) mare si d = diametrul mic.

Metoda analizei lineare

Principiul de masurare consta în palparea micropreparatului cu un raster alcatuit din mai multe linii paralele, situate la o distanta reglabila si determinarea liniei de intersectie (statistic) cu grauntele D_S. Din aceasta se poate obtine marimea medie (lineara) a grauntelui, suprafata sau volumul, gradul de orientare, perimetrul specific etc. Aceasta masurare se bazeaza pe faptul ca detaliile obiectului (fazele) se deosebesc în ceea ce priveste factorul de transmisie - la iluminarea DIA sau factorul de reflexie - la iluminarea EPI.

Se cunosc mijloace de masurare la care: obiectul este fix si palparea are loc ca la televizor si mijloacele la care masa cu micropreparatul se deplaseaza, iar microscopul este fix.

In cazul a) se masoara fotoelectric luminozitatea de-a lungul fiecarei linii, la iluminarea DIA sau EPI (adica se masoara absorbtia sau reflexia). In momentul în care o linie întâlneste un graunte ia nastere în semnalul de iesire al fotoreceptorului un impuls a carui lungime corespunde coardei (lungimea liniei de sectionare). Un discriminator de amplitudine transforma variatia semnalului într-o decizie - particula sau mediu inconjurator. Aceasta decizie împreuna cu informatia despre lungimea liniei de sectiune este prelucrata, mai departe, în circuite logice si apoi indicata ca rezultat al masurarii.

Cea mai simpla evaluare a impulsurilor electrice consta în sortarea lor dupa durata si apoi în masurare; se obtine distributia liniilor de intersectie ale grauntilor D_S. Pentru a se obtine numarul de graunti este necesar sa se compare aliura impulsurilor în liniile învecinate si deci este necesar un subansamblu de stocare. Alte variante de microscoape Scanning functioneaza cu diferite diafragme.

In cazul b) masa de baleiaj este antrenata de motoare pas cu pas în domeniul 40 x 40 mm. In total, 25 linii în câmpul de masurare sunt baleiate în meandru, 7 marimi de câmp de masurare cuprinse între 0,4 x 0,4 mm^2 si 32 x 32 mm^2. Directia de baleiere poate fi oricare.

La masurarea automata cu analizorul de structuri Epiquant, obiectul este deplasat, automat, cu ajutorul unei mase scanning, prin fata obiectivului microscopic. Lumina trece prin diafragma de masurare si ajunge pe fotomultiplicator de unde este transformata într-un semnal electric care este ordonat fiecarui graunte dupa amplitudine. Între miscarea obiectului si semnal exista o legatura sincrona.

Datele primare obtinute cu aparatul Epiquant sunt:

» numarul de lungimi de intersectie cu grauntii din trei locuri diferite ale micropreparatului (faze) N;

» distributia liniilor de intersectie pentru o anumita faza si pentru trei faze;

» suma punctelor de masurare MPS care corespund suprafetei F si volumului V.

Lungimea totala de intersectie L rezulta ca produs din suma punctelor de masurare si distanta k a punctelor de masurare:

$$L = MPS \cdot k$$

Marimea grauntelui dupa Heyn este data de media aritmetica a lungimilor de intersectie:

$$\bar{l} = L/N = D_{Heyn}$$

Când grauntii sunt circulari cu diametrul D se poate scrie:

$$D = 4l / \pi$$

Pentru cercuri cu diametre diferite se determina valoarea medie:

$$D = \frac{4\bar{l}}{\pi}$$

Când grauntele are forma eliptica, ovala ori una oarecare, este necesar sa se masoare grauntele dupa doua directii x si y perpendiculare si apoi sa se formeze media geometrica:

$$\bar{D}_K = \frac{4}{\pi}\sqrt{\bar{l}_x \cdot \bar{l}_y}$$

Marimea sectiunii transversale (medie) care este egala cu suprafata cercului cu diametrul D (cercul echivalent) este:

$$\bar{A} = \frac{\pi}{4}\bar{l}_x \cdot \bar{l}_y$$

Masurarea automata se efectueaza de circa 200-250 de ori mai repede decât masurarea prin planimetrare, asa cum se deduce din exemplul prezentat în tabelul 2.

Rezultatul analizei marimii grauntelui este reprezentarea frecventei de aparitie a grauntilor cu diametrul Ds între anumite limite. Apoi se pune problema de a calcula distributia spatiala N(D) din

Tabelul 2

Exemplu de calcul prin masurarea semiautomata, automata si prin planimetrare
Half and fully automated computation and planimetry measurements

Metoda de masurare	Marimea masurata	Valoarea		Timpul de lucru
		Proba 1	Proba 2	
Semiautomata	$\bar{l}_x$, μm	38,8	47,5	2,5 - 3 ore
	$\bar{l}_y$, μm	32,9	39,3	
	$\bar{l} = \sqrt{\bar{l}_x \cdot \bar{l}_y}$, μm	35,7	43,2	
	$\bar{D}_{KF}$ μm	45,5	54,9	
	$\bar{A}$, μm^2	1625	2380	
	F, %	64,5	67,8	
Automata	$\bar{l}_x$, μm	38,4	47,7	2,5 minute
	$\bar{l}_y$, μm	31,6	42,1	
	$\bar{l} = \sqrt{\bar{l}_x \cdot \bar{l}_y}$, μm	34,4	44,8	
	$\bar{D}_K$, μm	44,3	57,1	
	F, μm^2	1545	2555	
	F, %	65,6	67,3	
Planimetrarea, imaginea microscopica se deseneaza si se planimetreaza	$\bar{D}_K$, μm	45,8	55,5	10 ore
	F, μm^2	1644	2419	

cea unidirectionala n(I). Pentru practica s-a dovedit avantajoasa formula lui **Bockstiegel**:

$$N_{i+1/2} = \frac{4}{\pi}\left[\frac{n_i}{l_i^2 - l_{i-1}^2} - \frac{n_i+1}{l_{i+1}^2 - l_i^2}\right]$$

in care $N \bullet I_{i+1/2}$ reprezinta numarul tuturor sferelor pe unitatea de volum al caror diametru D_i se afla între lungimile $l_{i-1/2}$ si $l_{i+1/2}$.

Folosind formula de recurenta $l_{i+1} = \alpha l_i$, $\alpha = \sqrt{2}$ pentru scara logaritmica, ultima relatie devine:

$$N_{i+1/2} = C\frac{2n_i - n_i + 1}{2i}$$

unde C este o constanta.

La masurarea automata cu aparatul Epiquant se foloseste un raster cu 25 linii paralele.

Rezultatul masurarii pe fiecare linie se compara cu media procentajului de volum în câmpul de masurare total (câmpul total este de 600 μm x 750 μm). Acesta este împartit în trei domenii de câte 30 μm x 250 μm.

Metoda analizei calitative cu elemente structurale

Metoda consta în palparea imaginii structurii cu elemente structurale uni sau bidimensionale, adica se folosesc figuri geometrice ca linii, dreptunghiuri, hexagoane s.a.

Metoda cu elemente structurale, materializate de sistemul de analiza Leitz TAS (Das Textur - Analyse - System), consta în urmatoarele:

Imaginea de cercetat se proiecteaza pe stratul fotosensibil de lumina al unui tub TV si apoi se palpeaza pe linii (orizontale). Tubul se caracterizeaza prin caracteristica de palpare liniara, curentul de întunerie neglijabil si omogenitatea stratului sensibil la lumina.

Diferentele de iluminare în lungime sunt transformate nedistorsionat în semnale electrice de prelucrare cantitativa. Intensitatea fasciculului este determinata de nuantele gri si deci semnalul electric trebuie etalonat.

Rezultatul masurarii apare digital în coltul din dreapta al televizorului.

Diversitatea obiectelor si conditiilor de cercetare impun alegerea unor anumite forme si dimensiuni ale câmpurilor de masurare. Pentru aceasta, câmpul se limiteaza cu masti care oscileaza pe obiect.

a) Masca dreptunghiulara. Aceasta este una dintre cele mai utile în ceea ce priveste utilizarea câmpului imagine. Folosind o masca speciala Scanning, se poate palpa suprafata obiectului complet sau dupa criterii statistice. Pentru stabilirea pozitiei mastii, se reduc dimensiunile acesteia pâna la un punct si apoi se stabilesc coordonatele punctului.

b) Masca patrata. Când figura de cercetat are o directie privilegiata, se determina "factorul de linie" prin rotirea imaginii cu 90^0, folosind un câmp de masurare patratic.

c) Masca circulara. Este vorba de o masca circulara cu diametru masurabil, care serveste pentru masurarea obiectelor ori a imaginilor rotite, de forma circulara.

d) Masca lineara. Metoda liniara a fost discutata (v.metoda Snyder-Graff). In cazul de fata, imaginea este palpata pe un rând (pe linie) si semnalul video poate fi reprezentat pe un osciloscop. Asadar, se determina distributia densitometrica relativa de-a lungul unei drepte.

e) Rasterul de palpare. Cel mai complet raster are forma de hexagon (fig.8) deoarece: figura de palpare poate acoperi complet o suprafata plana, poseda proprietati de simetrie, apropiindu-se de cerc; prin unirea punctelor mijlocii ale hexagoanelor se pot obtine diferite elemente de palpare.

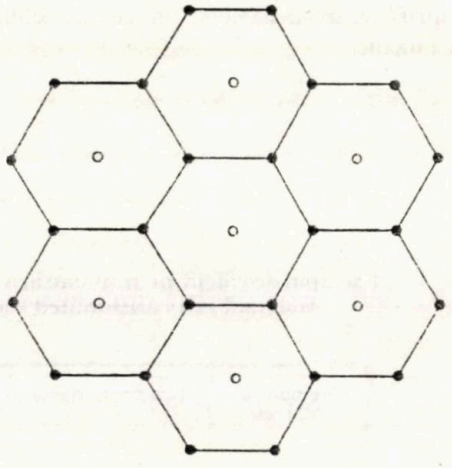


Fig. 8

Raster hexagonal
Hexagonal raster

Numarul punctelor rasterului care se cuprind într-o anumita arie serveste ca masura a acelei arii.

Numararea grauntilor pe diferite forme si marimi necesita compararea a doua linii succesive, adica este necesara "analiza de vecinatate". Principiul utilizat este urmatorul:

La fiecare punct de intersectie al unei linii cu conturul posterior al fiecarui graunte (fig.9) ia nastere un impuls de numarare (+1). Acesta este condus la un numarator, daca în timpul palparii liniare a grauntelui nu apare nici un eveniment în sectiunea corespunzatoare liniei precedente, adica semnalul este (D). Grauntii convergenti se numara de mai multe ori la început. Criteriul de convergenta consta în faptul ca linia de ordinul j intersecteaza particula o singura data, iar cea de ordinul j-1 de doua ori. In acest caz apare **impulsul de convergenta (-1)** si numaratorul efectueaza scaderea.

La grauntii inelari, (fig.10) impulsul de convergenta (-1) compenseaza impulsul de numarare (+1).

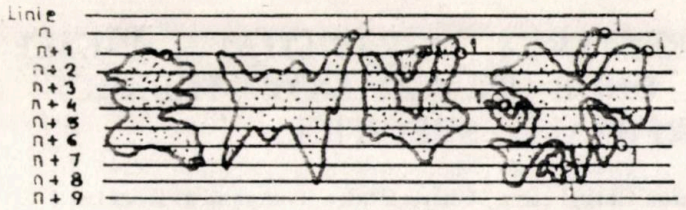


Fig. 9

Numarare cu convergenta
Convergency counting

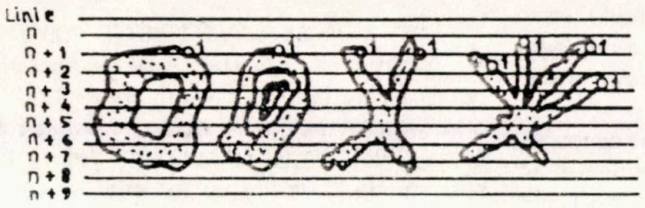


Fig. 10

Numarare fara convergenta
Convergency free counting

Logica de convergenta poate fi conectata sau deconectata si deci incleie pot fi numarate.

Pentru evitarea erorilor de masurare, figurile imagine sectionate de marginile din stânga si de sus se numara.

BIBLIOGRAFIE

[1] **H.Schumann**: Metalurgie fizica, EDP, Bucuresti, 1962

[2] **Maria Radulescu, Nicolae Dragan** s.a.: Atlas metalografic, Ed.Tehnica, Bucuresti, 1972

[3] **Bach G.**: Uber die Bestimmung von charakteristischen Grössen einer Kngelverteilung aus der Verteilung der Schnittkreise.Z.wiss.Mikr.65 (1963), p.285

[4] **Batel** W.:Einführung in die Korngrössenmesstechnik Berlin, Göttinger, Heidelberg: Springer-Verlag, 1964

[5] **Behringer C.A.** - Untersuchunger zur quantitativen Mikroskopie von Grogenpulvern.Promotionsarbeit, Zürich, 1963

[6] **Benaris M.** - *Determination de la limite inferieur de comptage dans une granulometrie*.Rev.d'opt 45 (1966), p. 55

[7] **Bockstiegel G.** - *Eine einfache Formel zur Berechnung raumlicher Korngrössenverteilungen aus durch Linearanalyse erhaltenen Daten.* Metalkunde 57 (1966), S. 647

[8] **Cadle R.D.** - Particle Size Determination. New York, London, 1955

[9] **Cadle R.D.** - Particle Size Determination.New York, London, 1955

[10] **Exner H.E.** - *Die mikroskopische Bestimmung von raumlichen Korngrössen verteilungen in undurchsichtigen Stoffen.* Praktische Metallographie 3(1966) S. 334

[11] **Bernhard Gröbler, Bernd Kleinteich:** *Okularstrichplatten für die quantitative Mikroskopie.* Jenser Rundschau nr. 6, 1977, p. 282-284

[12] * * * Leitz-T.A.S. Textur - Analyse - System

[13] **Joachim Bergner, Bodo Hahne, Hans-Heinz Seyfarth:** *Mikroskopische Charakteristierung industrieller kohlenstoffhaltiger Staube.* Jenser Rundschau 6, 1977, p.285

REVISTA REVISTELOR

Steel Research, *Germania, nr. 4, 1993*

- Institutul de cercetari siderurgice Max Plank, compartimentul de chimie fizica, p.183

- Determinarea tensiunilor superficiale ale fontei lichide si aliajelor Ni si Fe-Ni prin folosirea metodei "picaturi oscilante electromagnetic", p.191

- Activitatea carbonului în baile pe baza de Fe, Co, Ni si Mn la 1873 K, p.197

- Separarea particulelor nemetalice în distribuitoare, p.203

- Modelarea evolutiei microstructurii în timpul refularii la cald a otelurilor cu continut redus de carbon, p.210

- Studiul pe analizorul de masa cu microsonda de ioni (SIMS) al comportarii la hidrogen a otelului maraging 18 Ni pe timpul deformarii plastice, p.218

- Efectul tratamentului termic asupra microstructurii unui otel martensitic cu 12% Cr si continut ridicat de N_2, p.221

ASPECTE PRIVIND CRESTEREA DURABILITATII PIESELOR PRIN APLICAREA UNOR TRATAMENTE TERMICE SUPERFICIALE SPECIFICE

Dr.ing. Toma Vasile, sef lucrari , ing.Ioana Gherghescu, Universitatea "Politehnica" Bucuresti

C.Z.:621.785

Introducere

Este cunoscut faptul ca prin tratamentul termic superficial se obtine o însemnata crestere a duritatii, caracteristica cu implicatii deosebite asupra performantelor în exploatare a produselor.

Legat de acest aspect este important de cunoscut modul de alegere a materialului, precum si o tehnologie de tratament în vederea atingerii performantelor dorite cu cheltuieli minime.

In aceasta lucrare sunt prezentate unele rezultate cu privire la cresterea durabilitatii produselor prin aplicarea unor tratamente termice superficiale stabilite în mod specific conditiilor de solicitare.

Se fac consideratii pe baza acestor rezultate, privind unele criterii de alegere a tratamentului termic în functie de conditiile de solicitare, de durabilitate si de materialul metalic folosit.

Un domeniu important care este examinat din acest punct de vedere îl constituie produsele carora li se prescriu abateri dimensionale minime eventual care nu se rectifica dupa tratamentul termic.

Programul si metodica experimentarilor

Pentru experimentari s-au ales marci de oteluri si fonte cu larga utilizare în confectionarea produselor solicitate la uzura si oboseala si anume: 40Cr10, 42CrV8, 34MoCrNi15, 15Cr08, Fc25, F_{mp}50-5, F_{mf}35-10, otelurile de îmbunatatire în stare calita, iar cele de cementare normalizate.

Tratamentul termic superficial cu mari posibilitati în obtinerea unor caracteristici functionale superficiale ridicate care a fost studiat în aceasta lucrare este carbonitrurarea în doua variante tehnologice: în mediu gazos si în mediu lichid.

Experimentarile s-au efectuat pe probe specifice determinarilor la uzura (probe sabot) si pe probe metalografice pentru determinari de duritate si grosime strat, într-un cuptor vertical cu retorta încalzit electric si într-o baie de saruri cu creuzet metalic de asemenea încalzit electric.

Experimentarile s-au realizat la urmatorii parametrii:

- *temporali: 90, 120, 150 min;*
- *termici: 580°C, 640°C, 700°C, 860°C;*
- *chimici: mediu gazos - 50%CH_4 + 50%NH_3*
  - 70%CH_4 + 30%NH_3

mediu lichid: NaCNO 100%

Determinarile la uzura s-au efectuat pe un stand de încercare la uzura (sistem rola-sabot), la sarcini corespunzatoare fiecarui material, având rola confectionata din W3343, numarul de rotatii fiind 1700 rot/min. la o durata de 30 min. si ca mediu de lubrefiere, uleiul.

Determinarile de duritate s-au efectuat cu durimetru, tip SONODUR, la o sarcina de 480 g, si cu un microdurimetru, tip HANEMANN, cu o sarcina de 50 g.

Interpretarea rezultatelor

Rezultatele experimentarilor sunt prezentate în tabelele 1, 2 si 3. Cu datele prezentate în aceste tabele s-au construit histogramele din figurile 1 ... 6.

Rezultatele acestor experimentari pot fi discutate pe baza determinarilor de duritate, grosime strat si pierdere în greutate. Astfel, masuratorile efectuate pentru determinarea marimii stratului au scos în evidenta faptul ca la otelurile de îmbunatatire grosimea stratului este mult mai mica decât la otelul de cementare si fonta maleabila feritica (F_{mf}35-10) si mai mare decât la fonta cenusie (Fc25) si la fonta maleabila perlitica (F_{mp}50-5), pentru aceleasi conditii de tratament.

In ceea ce priveste influenta tehnologiilor de carbonitrurare folosite asupra marimii straturilor, rezultatele sunt comparabile.

In ceea ce priveste influenta celorlalti parametri asupra grosimii stratului, acesta creste cu cresterea temperaturii si a duratei de mentinere.

Observând duritatea straturilor obtinute, s-au constatat valori mai ridicate la otelurile de îmbunatatire fata de otelul de cementare. De asemenea s-au constatat valori mai mari ale duritatilor la fonta cenusie si la fonta maleabila perlitica fata de duritatile rezultate la fonta maleabila feritica.

Acest aspect poate fi explicat prin natura constituentilor rezultati, carbonitruri de tip $Fe_3(NC)$ si $Fe_4(NC)$ pe o matrice sorbitica în cazul otelurilor de îmbunatatire si o matrice perlitica în cazul fontelor maleabile perlitice.

Tabelul 1

Rezultatele carbonitrurarii in mediu gazos pentru otelurile 34MoCrNi15, 42CrV8 si pentru fonta Fc25
Results of carbonitriding in gaseous atmosphere of 34MoCrNi15, 42CrV8 steel grades and Fc25 iron

Material	Compozitia mediului, %	Temp., °C	Durata, min	Grosime strat, mm	Duritate HV 0,05	Pierderi în greutate	
						grame	p. daN
34MoCN15	50% CH_4 50% NH_3	570	60	0,030	-	0,0035	30,3
			120	0,100	900	0,0032	-"-
			180	0,160	990	0,0022	-"-
		600	60	0,040	-	0,0038	30,3
			120	0,150	880	0,0031	-"-
			180	0,270	940	0,0026	-"-
		650	60	0,065	-	0,0037	30,3
			120	0,310	820	0,0034	-"-
			180	0,480	830	0,0031	-"-
		700	60	0,120	-	0,0070	30,3
			120	0,460	940	0,0062	-"-
			180	0,590	840	0,0024	-"-
42CrV6	50% CH_4 50% NH_3	570	60	-	-	0,0045	30
			120	0,025	900	0,0031	-"-
			180	0,045	975	0,0023	-"-
		600	60	0,030	-	0,0040	30
			120	0,060	890	0,0025	-"-
			180	0,140	940	0,0016	-"-
		650	60	0,045	-	0,0035	30
			120	0,155	880	0,0028	-"-
			180	0,270	880	0,0023	-"-
		700	60	0,050	-	0,0068	30
			120	0,300	910	0,0054	-"-
			180	0,400	821	0,0035	-"-
Fc25	50% CH_4 50% NH_3	570	60	0,030	-	0,0144	5
			120	0,040	560	0,0128	-"-
			180	0,060	520	0,0032	-"-
		600	60	0,040	-	0,0028	5
			120	0,090	540	0,0024	-"-
			180	0,120	570	0,0021	-"-
		650	60	0,060	-	0,0048	5
			120	0,130	570	0,0036	-"-
			180	0,150	560	0,0012	-"-
		700	60	0,120	-	0,0075	5
			120	0,260	590	0,0049	-"-
			180	0,400	490	0,0037	-"-

Tabelul 2

Rezultatele carbonitrurarii în mediu lichid pentru otelurile 15Cr08, 40Cr10 si fontele maleabile $F_{mp}50 - 5$ si $F_{mf}35 - 10$
Results of carbonitriding in liquid bed of 15Cr08 si 40Cr10 steel grades and $F_{mp}50 - 5$ and $F_{mf}35 - 10$ maleable iron grades

Material	Carbonitrurare în mediu lichid						
	Compozitia mediului, %	Temp., °C	Durata, min	Grosime strat, mm	Duritate HRC 0,05	Pierderi în greutate	
						grame	p. daN
15COB	Na CNO 100%	580	90	0,100	49,0	0,0011	23,3
			120	0,140	51,5	0,0007	23,3
			150	0,150	51,5	0,0002	23,3
		700	90	0,150	49,0	0,0014	23,3
			120	0,230	48,5	0,0012	23,3
			150	0,240	47,0	0,0008	23,3
		800	90	0,220	47,0	0,0019	23,3
			120	0,280	47,5	0,0016	23,3
			150	0,290	51,5	0,0015	23,3
		860	90	0,270	60,0	0,0021	23,3
			120	0,345	60,0	0,0022	23,3
			150	0,390	57,8	0,0024	23,3
40C10	Na CNO 100%	580	90	0,080	55,0	0,0008	30
			120	0,130	56,5	0,0004	30
			150	0,160	57,0	0,0002	30
		640	90	0,120	53,0	0,0011	30
			120	0,210	55,0	0,0010	30
			150	0,270	56,0	0,0010	30
		700	90	0,140	54,0	0,0010	30
			120	0,270	58,0	0,0007	30
			150	0,340	57,5	0,0008	30
		860	90	0,220	62,0	0,0019	30
			120	0,310	61,0	0,0015	30
			150	0,350	61,0	0,0014	30
Fmp 50 - 5	Na CNO 100%	580	90	0,030	40,0	0,0009	16,6
			120	0,050	41,0	0,0008	16,6
			150	0,050	41,0	0,0008	16,6
		640	90	0,050	47,0	0,0006	16,6
			120	0,090	52,0	0,0005	16,6
			150	0,110	52,0	0,0004	16,6
		700	90	0,110	52,0	0,0010	16,6
			120	0,130	54,5	0,0013	16,6
			150	0,140	55,0	0,0009	16,6
		860	90	0,140	63,5	0,0009	16,6
			120	0,160	63,5	0,0012	16,6
			150	0,200	64	0,0012	16,6
Fmf 35 - 10	Na CNO 100%	580	90	0,040	37,0	0,0010	12
			120	0,090	37,0	0,0008	12
			150	0,110	38,0	0,0005	12
		640	90	0,100	44,0	0,0006	12
			120	0,130	45,0	0,0005	12
			150	0,140	45,0	0,0002	12
		700	90	0,180	56,0	0,0011	12
			120	0,180	53,0	0,0008	12
			150	0,190	54,5	0,0007	12
		860	90	0,190	64,5	0,0009	12
			120	0,240	64,5	0,0012	12
			150	0,260	64,5	0,0012	12

Tabelul 3

Rezultatele carbonitrurarii in mediu gazos pentru otelurile 15Cr08, 40Cr10 si fontele maleabile F_{mp} 50 - 5 si F_{mf} 35 - 10
Results of carbonitriding in gaseous atmosphere of 15Cr08, 40Cr10 steel grades and F_{mp} 50 - 5 and F_{mf} 35 - 10 maleable iron grades

Material	Carbonitrurare în mediu gazos						
	Compozitia mediului, %	Temp., °C	Durata, min	Grosime strat, mm	Duritate HRC 0,05	Pierderi în greutate	
						grame	p. daN
15CO8	70% CH_4 30% NH_3	580	90	0,120	< 20	0,0012	23,3
			120	0,150	< 20	0,0010	23,3
			150	0,220	< 20	0,0005	23,3
		700	90	0,150	< 20	0,0013	23,3
			120	0,200	< 20	0,0013	23,3
			150	0,270	< 20	0,0010	23,3
		800	90	0,200	< 20	0,0022	23,3
			120	0,250	< 20	0,0015	23,3
			150	0,300	< 20	0,0017	23,3
		860	90	0,310	< 20	0,0020	23,3
			120	0,340	< 20	0,0017	23,3
			150	0,390	< 20	0,0017	23,3
40C10	70% CH_4 30% NH_3	580	90	0,100	41,5	0,0014	30
			120	0,130	39,0	0,0014	30
			150	0,130	42,0	0,0012	30
		640	90	0,100	39,0	0,0012	30
			120	0,170	41,0	0,0010	30
			150	0,200	49,0	0,0010	30
		700	90	0,130	44,0	0,0008	30
			120	0,210	49,5	0,0008	30
			150	0,270	50,5	0,0005	30
		860	90	0,230	59,0	0,0016	30
			120	0,310	55,5	0,0019	30
			150	0,360	52,0	0,0021	30
Fmp 50 - 5	70% CH_4 30% NH_3	580	90	0,020	48,0	0,0010	16,6
			120	0,030	51,5	0,0010	16,6
			150	0,050	56,0	0,0009	16,6
		640	90	0,040	51,0	0,0015	16,6
			120	0,050	51,0	0,0010	16,6
			150	0,100	52,0	0,0008	16,6
		700	90	0,080	49,0	0,0013	16,6
			120	0,100	49,5	0,0008	16,6
			150	0,110	51,5	0,0007	16,6
		860	90	0,120	62,0	0,0010	16,6
			120	0,130	58,5	0,0012	16,6
			150	0,150	56,0	0,0013	16,6
Fmf 35 - 10	70% CH_4 30% NH_3	580	90	0,050	< 25	0,0010	12
			120	0,070	< 20	0,0010	12
			150	0,100	< 20	0,0018	12
		640	90	0,060	< 20	0,0010	12
			120	0,130	< 20	0,0009	12
			150	0,130	< 20	0,0007	12
		700	90	0,100	< 20	0,0009	12
			120	0,150	< 20	0,0006	12
			150	0,200	< 20	0,0005	12
		860	90	0,150	< 20	0,0019	12
			120	0,200	< 20	0,0017	12
			150	0,230	< 20	0,0018	12

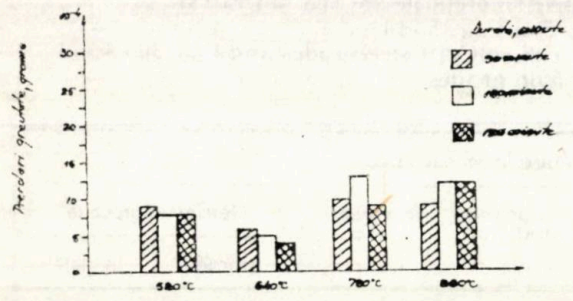


Fig. 1

Rezistenta la uzura a fontei F_{mp} 50 - 5, carbonitrurata în mediul lichid (NaCO 100%)
Wear resistance of F_{mp} 50 - 5 iron after carbonitriding in liquid bed (NaCO 100%)

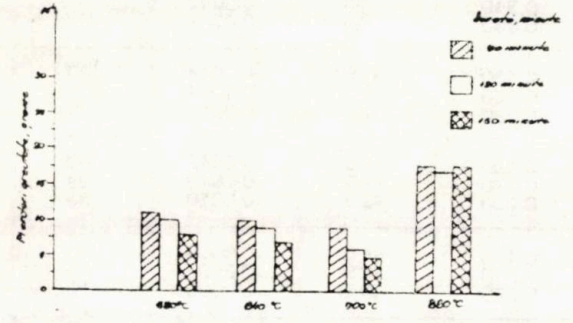


Fig. 2

Rezistenta la uzura a fontei F_{mp} 50 - 5, carbonitrurata în mediul gazos (70% CH_4 + 30% NH_3)
Wear resistance of F_{mp} 50 - 5 iron after carbonitriding in gaseous atmosphere (70% CH_4 + 30% NH_3)

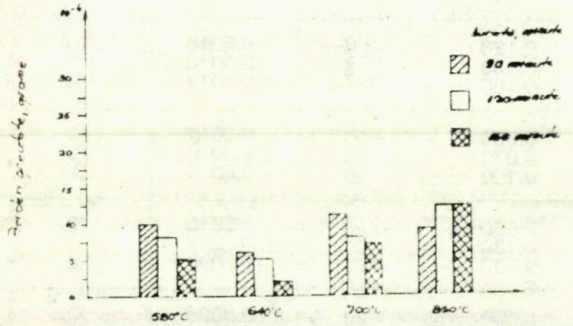


Fig. 3

Rezistenta la uzura a fontei F_{mf} 35 - 10, carbonitrurata în mediul lichid (NaCNO 100%)
Wear resistance of F_{mf} 35 - 10 iron after carbonitriding in liquid bed (NaCNO 100%)

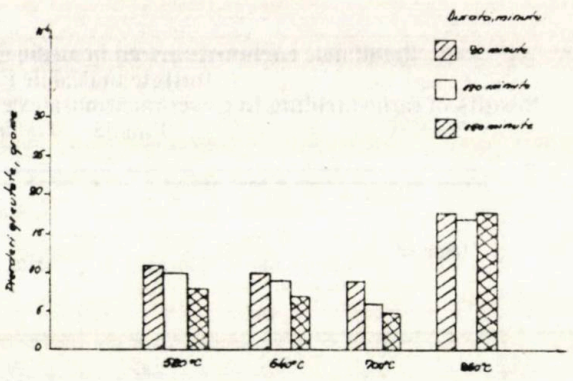


Fig. 4

Rezistenta la uzura a fontei F_{mf} 35 - 10, carbonitrurata în mediul gazos (70% CH_4 + 30% NH_3)
Wear resistance of F_{mf} 35 - 10 iron after carbonitriding in gaseous atmosphere (70% CH_4 + 30% NH_3)

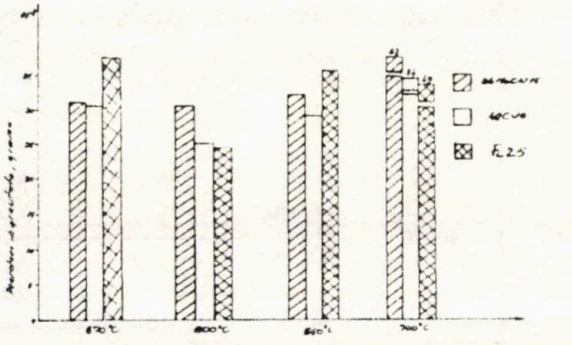


Fig. 5

Rezistenta la uzura, la carbonitrurarea în mediul (50% CH_4 si 50% NH_3) gazos la o durata de 120 minute
Wear resistance after carbonitriding in gaseous atmosphere (50% CH_4 si 50% NH_3) in 120 minutes

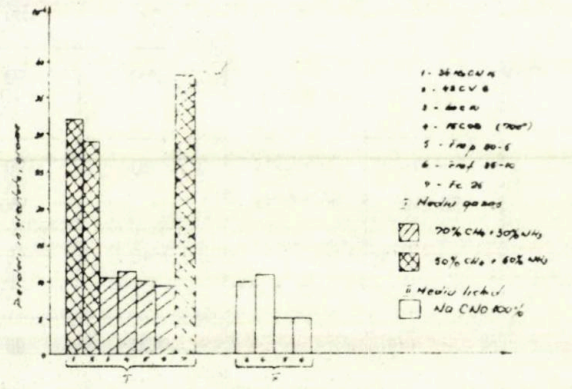


Fig. 6

Rezistenta la uzura, la carbonitrurarea în mediul gazos si lichid la temperatura de 840°C si durata de 120 minute
Wear resistance after carbonitriding in gaseous atmosphere and liquid bed at 840°C in 120 minutes

Determinarile de rezistenta la uzura apreciate prin pierderile in greutate, au scos in evidenta unele aspecte:

- *indiferent de tehnologia de carbonitrurare folosita, valorile cele mai ridicate ale rezistentei la uzare au fost obtinute pentru temperaturi joase de tratament termochimic, 580-640^{0}C (cu un mare avantaj pentru mediile lichide), explicate prin proportia mare de carbonitruri de tip Fe3(NC) din stratul superficial obtinut;*
- *cu cresterea temperaturii, desi duritatea este ridicata rezistenta la uzura scade ca urmare a formarii straturilor poroase;*
- *otelurile de imbunatatire dau rezultate bune la carbonitrurarea la temperaturi joase, 580-640^{0}C si la durata de 120 min. (in special la oteluri 40Cr10);*
- *fontele se comporta bine la uzura, valorile pierderilor in greutate fiind minime la temperaturile 640^{0}C si 700^{0}C, cu valori mai ridicate la carbonitrurarea in mediu gazos;*
- *atat fontele cat si otelurile se comporta mult mai bine la uzura in cazul carbonitrurarii in mediu lichid.*

Concluzii

Din analiza rezultatelor obtinute se poate face recomandarea folosirii carbonitrurarii de temperatura joasa (580-640^{0}C) in locul revenirii inalte la otelurile de imbunatatire, obtinându-se in acest fel o rezistenta ridicata la uzura, deci o durata de serviciu mult imbunatatita a produsului.

Avantajul efectuarii carbonitrurarii la temperaturi joase consta si in faptul ca la aceasta temperatura deformatiile provocate de tensiunile de calire sunt foarte mult reduse, datorita absentei transformarilor structurale in miez.

Incercarile tehnologice de carbonitrurare in mediu lichid si gazos au aratat ca exista comportari apropiate a probelor la uzura. Totusi, atat din literatura de specialitate cat si din aceste experimentari rezulta ca diferentele care apar, in special in ceea ce priveste comportarea la uzura, se datoreaza existentei si modului in care se gaseste legat carbonul sub forma de carbonitruri complexe in straturile superficiale carbonitrurate.

Aceste experimentari pot constitui eventuale solutii tehnologice pentru o gama larga de produse, cu posibilitatea de a alege si un material corespunzator.

Trebuie remarcat ca marirea durabilitatii pieselor inseamna in primul rând economie de metal si eliberarea unor capacitati de prelucrare.

Se poate aprecia ca exista toate elementele care sa ateste oportunitatea aplicarii acestor procedee tehnologice.

BIBLIOGRAFIE

[1] **T.Dulamita si E.Florian**: Tratamente termice si termochimice. Ed.Didactica si Pedagogica, 1982
[2] **T.Dulamita si T.Vasile** s.a.: Tehnologia tratamentelor termice. Ed.Didactica si Pedagogica, 1982
[3] **A.N.Minkevici**: Tratamente termochimice ale metalelor si aliajelor Ed.Tehnica, 1968
[4] **T.Vasile, O.Gurgu**: *Studiu termogravimetric al carbonitrurarii unor oteluri slab aliate*. In: Constructia de masini, nr.1, p.45

REVISTA REVISTELOR

Steel Research, *Germania, nr. 5, 1993*

- *Entalpiile amestecurilor si investigarea calorimetrica a aliajelor lichide Fe-V, p.229*
- *Influenta oxidului de titan asupra proprietatilor zgurilor de furnal, p.232*
- *Parametrii structurali, numerele de coordonare si solubilitatea apei in zgurile de aluminiu, p.239*
- *Modele cuplate, termice si de tensiune-deformare, pentru turnarea continua, p.246*
- *Indoirea tablei si determinarea tensiunilor prin FEM (calcule de elemente finite), p.255*
- *Influenta recoacerii intercritice asupra formarii texturii in benzile din otel cu continut redus de carbon, p.262*
- *Influenta continutului de Mn si Si asupra structurii si proprietatilor mecanice ale otelurilor HSLA feritoperlitice, p.267*

PERFECTIONAREA TEHNOLOGIEI DE ELABORARE A FONTEI ÎN FURNALE DE MARE CAPACITATE PRIN SCADEREA CONTINUTULUI DE SILICIU SI CRESTEREA TEMPERATURII FONTEI LA C. S. "SIDEX" S.A. GALATI

Dr. ing. Florea Strugari , ing. Paraschiv Nedelcu, ing. Nita Iancu - C. S. SIDEX S.A. Galati

C.Z.: 669.13.018

In privinta calitatii fontei, cerinta scaderii drastice a continutului de siliciu a devenit o problema actuala si deosebit de importanta, atât pentru reducerea consumului de cocs, cât si pentru obtinerea unor oteluri de calitate. Fonta cu siliciu scazut reduce consumul de var la elaborarea otelului si, respectiv gaz metan necesar la fabricarea acestuia, reduce consumul de materiale refractare si de oxigen la convertizare.

CONSIDERATII TEHNOLOGICE

Grafitizarea fontei

La functionarea furnalelor în conditii normale de exploatare, cu un mers stabil, exista o corespondenta lineara între regimul termic si continutul de siliciu al fontei elaborate, relatie evidenta prin aspectul probelor de fonta, functie de modul de grafitizare a carbonului în structura fontei.

Influenta favorabila a Si asupra grafitizarii fontei se explica prin formarea unor silicocarburi complexe, din care carbonul se separa sub forma de grafit lamelar sau punctiform. O data cu cresterea continutului de Si, creste viteza de cristalizare si corespunzator creste si numarul de nuclee pentru formarea grafitului.

Practica exploatarii furnalelor la capacitate redusa, din ultimii ani, a dovedit ca dizolvarea carbonului în fonta cu separarea sa sub forma de grafit, este influentata nu numai de continutul de Si, ci în primul rând de temperatura baii metalice, si de modul de functionare a creuzetului, factori care au un rol esential. Ca urmare, aspectul probei de fonta este un indiciu valoros, nu numai asupra starii termice a furnalului, ci si asupra stabilitatii mersului acestuia. Functie de corespondenta sau diferenta dintre Si apreciat si continutul de Si real al analizei chimice a fontei se pot obtine informatii operative si utile pentru luarea unor masuri tehnologice oportune în conducerea furnalului.

Mecanismul trecerii siliciului în fonta

Transferul Si din silicea zgurii se desfasoara între zona de înmuiere-topire (zona coeziva) si creuzetul furnalului. Silicierea fontei se dezvolta deasupra creuzetului la o temperatura de peste 1257^0C, unde predomina reactiile gaz/zgura si gaz/metal, dupa reactiile:

$$SiO_2 + C = SiO + CO \quad (1)$$

$$SiO + C = Si + CO \quad (2)$$

Formarea monoxidului de siliciu (SiO), are loc în zona de temperatura înalta si cu potential de oxigen redus, zona situata imediat în spatele zonei de ardere din fata gurilor de vânt, prin reactia dintre carbonul din cocs si silicea cenusii cocsului.

Din cercetarile efectuate s-a constatat ca monoxidul de siliciu (gaz) este principalul factor responsabil care favorizeaza trecerea SiO_2 în fonta sub forma de Si, atunci când conditiile existente favorizeaza acest transfer.

Pentru a împiedica formarea de SiO (gaz) temperatura teoretica a flacarii la gurile de vânt trebuie coborâta la valori cuprinse între 1800 - 2000 ^{0}C, cu conditia asigurarii functionarii furnalului cu zguri suficient de fluide si fuzibile.

Oxidarea SiO (gaz) în SiO_2 (zg) se produce în prezenta CO_2 în zona unde apar zguri oxidante primare, dupa reactia:

$$2SiO\ (g) + 2O_2 = 2SiO_2\ (zg)$$

Reducerea SiO_2 din zgura si dizolvarea Si în metal cer conditii puternic reducatoare, conform reactiei:

$$(SiO_2) + C = Si + CO_2 \quad (3)$$

Trecerea Si în fonta este influentata direct de cantitatea de zgura rezultata pe tona de fonta, de prelungirea timpului de trecere a coloanei de material prin furnal, cât si de temperatura creuzetului.

Pentru a limita cresterea continutului de Si în fonta este necesar ca încarcatura furnalului sa aiba un continut redus de steril si cenusa în cocs, zgura sa nu fie prea acida, adica sa existe cât mai putina silice

libera, iar furnalul sa aiba un mers intens cu un regim termic moderat.

Zona coeziva

In procesul elaborarii fontei în furnal, permanent se disting doua zone:

- *zona de preparare a încarcaturii sau zona reducerilor indirecte (zona uscata);*
- *zona coeziva sau zona de topire a încarcaturii feroase (zona umeda).*

Volumul zonei de preparare este limitat la partea superioara de profilul încarcaturii si la partea inferioara de linia de început de înmuiere a materialelor metalice.

Pe baza cercetarilor efectuate s-a stabilit descresterea continutul de Si din fonta, cu cresterea volumului zonei de preparare, respectiv când zona coeziva coboara, aceasta deoarece creste gradul reducerilor indirecte pe seama scaderii reducerilor directe a oxizilor din furnal, inclusiv a reducerii directe a SiO_2, cu efecte pozitive si asupra consumului de cocs.

Din punct de vedere al curgerii gazului prin furnal, zona coeziva joaca rol de distribuitor, gazul fiind obligat sa treaca în principal, transversal prin ferestrele de cocs separate de inele de aglomerat si pelete compacte.

Legatura strânsa între permeabilitatea coloanei de materiale si forma zonei de topire, permite localizarea pozitiei zonei coezive, pornind de la masurarea presiunii pe o curba de presiune obtinuta pe generatoarea furnalului poate fi o reprezentare a starii interne a acestuia. Localizarea pozitiei si estimarea configuratiei geometrice a zonei coezive în furnal, cu mentinerea acesteia între anumite nivele optime, joaca un rol esential în functionarea stabila în permanenta a furnalului cu elaborarea de fonte cu continut scazut de Si. De pozitie si volumul acestei zone depinde drumul parcurs de picaturile de metal lichid si ca urmare posibilitatea trecerii siliciului în metal într-o anumita cantitate.

SITUATIA EXISTENTA

Daca pe plan mondial, în tarile cu o industrie siderurgica avansata, elaborarea fontei cu un continut de 0,2 - 0,4 % Si, la o temperatura de 1450- 1500^{0}C a devenit un lucru obisnuit, fonta produsa la furnalele de la CS "SIDEX" Galati pâna în anul 1989, s-a situat pentru marea majoritate a descarcarilor între 0,6-1,0% Si, cu o temperatura între 1350 - 1420^{0}C. In perioada 1985-1990 continutul mediu de Si a fost de 0,88 %, situatia pe furnale prezentându-se astfel:

Tabelul 1

Anul	F1	F2	F3	F4	F5	F6	F1 - 6
1985	0,92	1,05	0,90	0,79	0,79	0,69	0,84
1986	0,95	1,67	0,83	0,81	0,83	0,90	0,88
1987	0,87	1,01	0,96	0,80	0,91	1,20	0,96
1988	0,85	1,00	1,02	0,78	0,79	0,89	0,87
1989	0,77	0,91	0,97	0,81	0,99	0,82	0,87
1985 - '89	0,87	1,13	0,93	0,80	0,86	0,90	0,88

Începând cu anul 1990, ca urmare a unor perturbatii majore aparute în asigurarea cantitativa si ritmica cu materii prime si în consecinta, a reducerii capacitatii de productie a furnalelor, situatia calitatii fontei privitoare la continutul de Si s-a depreciat foarte mult, în special la furnalele 2 si 3, unde conditiile de exploatare au fost dintre cele mai defavorabile. Astfel, pâna la sfârsitul lunii noiembrie 1993, din totalul descarcarilor de fonta, 53,99% au avut continuturi de Si cu mult peste 1,0% (tabel 2), cu maximum în anii 1992 si 1993 de 70,39%, respectiv de 62,18%.

Practica exploatarii furnalelor din aceasta perioada cu indici de utilizare foarte scazuti în medie de numai 1,151 tf/m^3 zi, a demonstrat lipsa corespondentei dintre continutul de Si din fonta si temperatura fontei lichide cu inexistenta grafitului din spartura probelor de fonta, care de altfel în mare parte aveau un continut normal de Si. Mai mult, majoritatea fontelor cu un continut de peste 1,0% Si prezentau o concentrare nefireasca de grafit, numai în centrul probei. In astfel de situatii personalul de exploatare a fost derutat, ne mai dispunând de o informatie operativa si importanta în aprecierea regimului termic al furnalului de la o descarcare la alta.

Tabelul 2

Anul	F 2 - 3			F6		
	Si, %	Si 1,0%	Iu, tf/m^3 zi	Si, %	Si 1,0%	Iu
1990	1,05	40,09	1,296	0,90	25,49	1,501
1991	1,06	43,31	1,145	0,92	28,17	1,383
1992	1,30	70,39	1,042	1,03	47,71	1,197
'93 (11 luni)	1,22	62,18	1,125	0,94	26,29	1,255
'90 - '93	1,15	53,99	1,151	0,95	31,92	1,334

In aceasta perioada furnalele au avut un mers instabil cu frecvente dereglari si chiar deranjamente

tehnologice. Abaterile cele mai mari s-au inregistrat in perioada 1992 - nov. 1993, cand furnalele 2 si 3 au functionat cu indici foarte scazuti de numai 1,042 respectiv 1,125 tf/m^3, cu diferente foarte mari intre continutul de Si real si cel apreciat. Din aceasta cauza pentru siguranta s-a functionat in multe cazuri cu regimuri termice mult mai ridicate pe seama unui consum majorat de cocs.

Aceste dereglari tehnologice s-au datorat activitatii reduse de utilizare a capacitatii creuzetului, ca urmare a unor perturbatii aparute in distributia gazelor, de regula prin zona centrala a furnalului, cat si a deplasarii pozitiei zonei coezive si a modificarii configuratiei acesteia.

Perturbatii similare apar si datorita utilizarii unei incarcaturi feroase de calitate inferioara, cu mult SiO_2 in steril, cu variatii chimice mari in compozitia chimica si granulometrica cu rezistenta si reductibilitate scazuta, a folosirii cocsului de calitate slaba si a unui regim de exploatare neadecvat situatiilor create.

In luna decembrie 1993, odata cu asigurarea unor conditii de functionare mai intense a furnalelor 2 si 3, situatia calitatii fontei a fost sensibil ameliorata. Comparandu-se perioada 1992 - nov. - 1993, cand indicele de utilizare a volumului util a cescut de la 1,084 tf/m^3, la 1,345 tf/m^3, numarul descarcarilor cu siliciu peste 1,0 % a scazut de la 66,28 % la 29,35 %. In aceste conditii consumul de cocs a scazut cu 8,2 kg/t de la 656,4 kg/tf la 648,2 kg/tf.

Pe baza experientei dobandite, cunoscand mecanismul cinetic al trecerii siliciului in fonta si rezultatele obtinute pe plan mondial pentru reducere drastica a Si, elaborarea fontei cu continuturi moderate de Si, in conditiile actuale este posibila prin aplicarea urmatoarelor masuri:

Functionarea furnalelor cu indice intensiv de min. 1,4 tf/m^3 si extensiv de min. 95%:

- *asigurarea ritmica cu materii prime, materiale si alte utilitati necesare;*
- *eliminarea mersului redus si a opririlor accidentale.*

Imbunatatirea calitatii si pregatirii incarcaturii feroase a furnalului, prin:

- *aprovizionarea cu minereuri de fier si pelete care sa asigure o scoatere de min. 53,5% cu steril cu continut cat mai redus de SiO_2 care sa ridice alumina in zgura la min. 8,5 %.*

Imbunatatirea caracteristicelor fizico-chimice ale cocsului prin:

- *eliminarea variatiilor la umiditate la min. 1,0 %, prin utilizarea integrala si eficienta a instalatiilor de stingere uscata a cocsului;*
- *asigurarea permanenta a unei rezistente de min. 76-78% cu roadere de max. 7,5 % si o reactivitate de max. 35 %.*

Marirea stabilitatii in functionare si conducerea furnalelor prin:

- *reducerea variatiilor in compozitia chimica a minereului omogenizat si a calcarului aprovizionat;*
- *imbunatatirea caracteristicilor fizico chimice ale aglomeratului, printr-un control mai riguros al procesului tehnologic;*
- *reglarea si corelarea corecta a parametrilor de functionare a gurilor de vant, cu coborarea temperaturii teoretice de ardere la 1800-2000 ^0C;*
- *adoptarea unor sisteme de incarcare optime care sa asigure utilizarea la maximum a energiei fizice si chimice a gazelor, cu actionarea zonei centrale a coloanei de materiale si imbunatatirea controlului fluxului de gaze in furnal;*
- *incarcarea cocsului marunt in zona intermediara a furnalului, dupa schema K k K;*
- *marirea fiabilitatii distribuitorului rotativ de la aparatele de incarcare bicamerale;*
- *functionarea furnalelor cu zguri mai bazice, astfel ca sa existe cat mai putina silice libera;*
- *functionarea in siguranta a furnalelor cu un regim termic moderat si controlat, cu zguri suficient de fluide;*
- *respectarea stricta a graficului de evacuare a fontei si zgurii.*

Pentru scaderea in continuare a continutului de siliciu in limitele 0,5 - 0,7% pe langa respectarea si perfectionarea tehnologiei clasice cunoscute, se impune luarea unor masuri tehnice suplimentare, care sa asigure un control riguros si sistematic asupra proceselor pe intreg fluxul tehnologic, cu evidentierea corecta a cantitatilor de materii prime care se vehiculeaza si dozeaza pe fazele proceselor tehnologice.

In paralel, sectorul furnale va trebui echipat cu instalatii complete si aparatura de control moderna, cu dotarea furnalelor cu senzori multifunctionali, absolut necesari pentru conducerea furnalului cu ajutorul calculatorului evoluat de progres, pe baza unor modele fizice si matematice perfectionate in scopul functionarii stabilite a furnalului pe perioade lungi.

CONCLUZII

Scaderea continutului de Si din fonta precum si marirea temperaturii fontei este legata direct de progresul facut în tehnologiile de control ale functionarii furnalului si de îmbunatatirea proprietatilor materiilor prime, tehnici care conduc la scaderea nivelului superior al zonei coezive.

» Scaderea continutului de siliciu din fonta la valori medii cuprinse între 0,7-0,9%, este conditionata în prezent de functionarea furnalelor cu un indice de utilizare de min. 1,4 tf/m^3 zi, cu respectarea tehnologiei clasice cunoscuta.

» Exploatarea furnalului cu indice intensiv scazut , sub 1,35 tf/m^3 zi, conduce la instabilitati, reflectate, cu dereglari si deranjamente în functionare, reflectate în deprecierea calitatii fontei la Si, cu o eficienta scazuta de functionare a furnalului (fig.1).

» Coborârea continutului de siliciu la valori cuprinse între 0,5 - 0,7%, va fi posibila atât prin îmbunatatirea în continuare a proprietatilor fizico-chimice ale aglomeratului, peletelor si a cocsului, cât si prin aplicarea progresului facut în tehnologiile de control al functionarii furnalului.

» Coborârea în continuare a continutului de siliciu în limitele 0,3 - 0,5 %, necesita o perfectionare ridicata a mijloacelor de control a starii interne a furnalului, a stabiliri si mentinerii regimului optim al zgurii, utilizând materii prime si cocs cu caracteristici superioare.

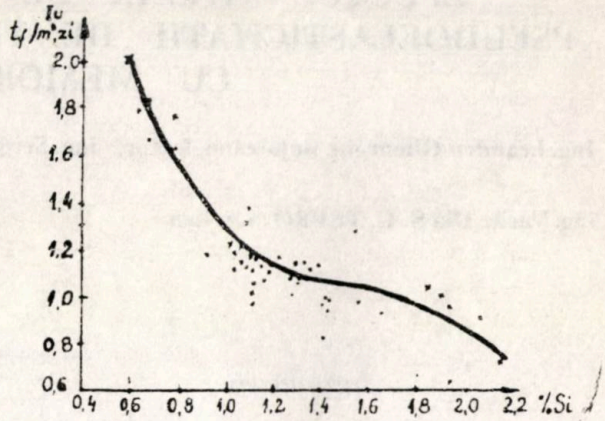


Fig. 1
Scaderea procentului de Si în fonta în functie de cresterea indicelui Iu, tz/m^3/zi
Si content decrease in iron depending on Iu index rise, in tf/m^3/d

» Fonta cu continuturi foarte scazute de siliciu, de 0,2-0,3%, favorabila defosforarii avansate chiar în furnal, se va obtine în continuare prin injectarea unor agenti de reactie sub forma pulverulenta în creuzetul furnalului prin gurile de vânt cu oxigen în stare solida (minereuri de fier, aglomerat, tunder) în amestec cu fondanti (var, calcar, fluorina) sau prin tratarea fontei lichide în afara furnalului.

REVISTA REVISTELOR

Steel Research, *Germania, nr. 2, 1993*

- *Prognozarea concentratiei unui oxid de fier la elaborarea prin inductie, p.103*
- *Concentratia de azot la temperatura si presiune ridicata în aliajele Fe-Cr-Mn-Ni, p.110*
- *Corelatiile dintre emisia de radiatii infrarosii si structura silicatilor în intervalul de temperaturi 1000-1600^{0}C, p.117*
- *Reactiile din interiorul unei caramizi din MgO carbon cu adaos de BC, p.123*
- *Modelarea racirii cu apa a benzilor din otel în timpul laminarii la cald, p.128*
- *Proprietatile mecanice ale tablei din otel 304 inoxidabil realizata prin turnare printre doi cilindri, p.132*
- *Optimizarea structurii, tenacitatii si performantelor otelului de scule turnat deformat la rece cu 15% Cr, p.136*

EFECTUL VITEZEI DE DEFORMARE ASUPRA PSEUDOELASTICITATII DE TRANSFORMARE LA ALIAJELE CU MEMORIA FORMEI

Ing. Leandru Gheorghe Bujoreanu, lector, ing. Sergiu Stanciu, lector,
Universitatea Tehnica "Gh.Asachi" Iasi

ing. Vasile Dia S. C. TEPRO S.A. Iasi

C.Z.: 669.017.3

Introducere

Incepând cu primul studiu teoretic din anul 1932, datorat lui E. Sheil [1], s-a considerat ca principalul efect al aplicarii tensiunii mecanice asupra transformarii martensitice este deplasarea punctelor critice de transformare. Ulterior, ca urmare a cercetarilor efectuate pe diferite sisteme de aliaje, cum ar fi: Cu-Al-Ni [1],[2], Cu-Zn [3], Ti - Ni [4], Ti-Ni-Fe-Al [5], Fe-Mn-Si [6] etc.s-a tras concluzia ca, în functie de temperatura de încercare, sub efectul tensiunii mecanice, sunt induse anumite transformari martensitice. Martensita astfel obtinuta - sub efectul unei forte motrice de natura mecanica - se numeste martensita indusa prin tensiune (MIT) [7]. Aparitia MIT este marcata pe curbele de tractiune prin prezenta unui palier asemanator celui de curgere clasica. La aliajele cu memoria formei (AMF) transformarile martensitice induse prin tensiune sunt reversibile si de aceea palierul apare si pe curba de descarcare. In general, "orice neliniaritate de pe curba tensiune-deformatie în timpul descarcarii poate fi considerata drept pseudoelasticitate" [8]. In functie de mecanismele care o produc, **pseudoelasticitatea** poate fi de **maclare** sau de **transformare.**

Pseudoelasticitatea de maclare [8]

Acest tip de pseudoelasticitate (PSE) se întâlneste la materialele metalice care se deformeaza prin maclare, ca urmare a germinarii si cresterii maclelor precum si a deplasarii reversibile a limitelor de macle, sub efectul tensiunii aplicate [9].

La îndepartarea tensiunii, unele macle, care au crescut atât în lungime cât si în grosime, se subtiaza si se scurteaza, disparând ceea ce produce o revenire elastica suplimentara de cca 0,8%, figura 1 [8]. PSE de maclare evidentiata în figura 1, pentru un AMF austenitic de tip TiNiFe, printr-o scadere a modulului de elasticitate aparenta la descarcare, prezinta o caracteristica cu mare importanta practica în constructia cuplajelor din aliaje pe baza de Ni-Ti. Astfel, pe portiunea de descarcare, AB, se pot defini trei module de elasticitate aparenta: unul tangent initial $E_0 = \text{arctg}\alpha_0$ (în A), unul tangent final $E_1 = \text{arctg}\alpha_1$ (în B) si unul secant mediu $E_m = \text{arctg}\alpha_m$

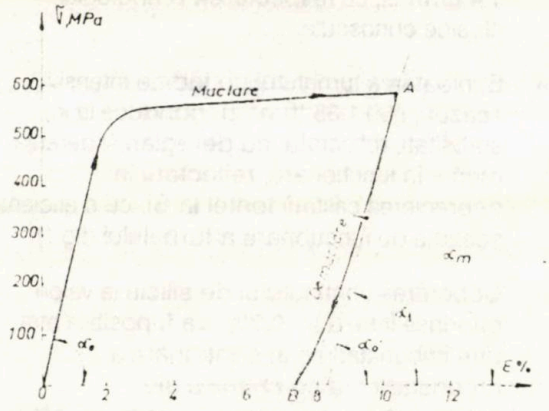


Fig. 1

Pseudoelesticitatea de maclare la un aliaj cu memoria formei de tip NiTiFe, deformat în domeniul austenitic, la temperatura camerei, $T_{amb} > M_d = -30^0$C [8]
Twinning pseudoelasticity of a NiTiFe - type shape memory alloy (SMA) after austenitic deformation at RT

(pe linia dreapta AB). Se obtine ceea ce se numeste o îmbinare "vie", care o compenseaza cel mai bine dilatarea termica diferentiata sau diversele deplasari ce ar putea afecta etanseitatea cuplajului (racordului).

Spre deosebire de PSE de maclare din domeniul austenitic exemplificata în figura 1 pentru temperaturi peste punctul critic Md (temperatura maxima pâna la care se poate obtine MIT), exista si o PSE de maclare în domeniul martensitic cu o revenire elastica suplimentara asemanatoare, figura 2 [8]. Acest comportament este cu atât mai suprinzator, cu cât majoritatea AMF sunt foarte plastice în stare martensitica [10] si ar trebui sa nu se observe aceasta tendinta de revenire a limitelor de macle spre pozitiile initiale. Cauzele PSE martensitice de maclare nu sunt elucidate si pot include: tensiunile reziduale, tendinta dislocatiilor de acomodare de a pastra spatiile dintre straturile atomice sau reducerea portiunii conice a placilor de martensita.

Termenul general sub care se întâlneste PSE de maclare este " pseudomaclare". Trebuie retinut ca un AMF pseudomaclat îsi pierde tendinta de reversibilitate daca este îmbatrânit în stare deformata,

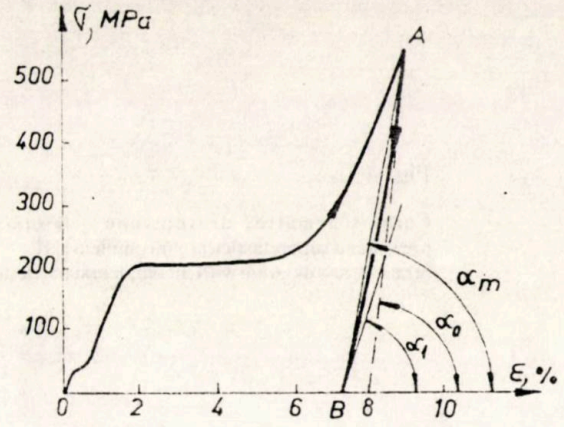


Fig. 2

Pseudoelasticitate la maclare, la acelasi aliaj din figura 1 dar la o temperatura din domeniul martensitic: - 196^{0}C < A_s = - 100^{0}C; (majoritatea AMF sufera transformari martensitice termoelastice de tip II, la care As < Ms, din cauza energiei mecanice, inmagazinate la transformarea directa, care grabeste transformarea inversa)[8]

Twinning pseudoelasticity (PSE) of the same SMA but at a martensitic temperature: - 196^{0}C < A_s = - 100^{0}C; (almost all SMA have type II thermoelastic martensitic transformations, where $A_s < M_s$ due to mechanical energy stored during direct transformation, speeding up the inverse transformation

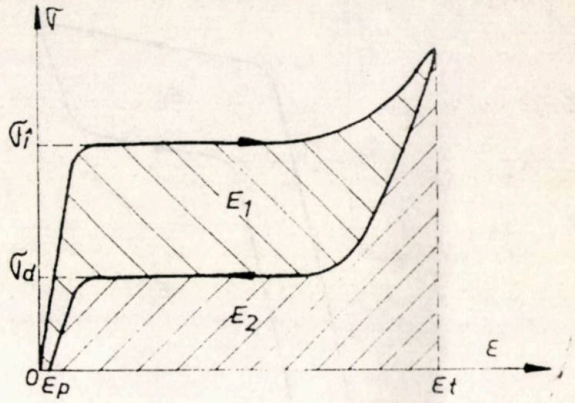


Fig. 3

Curba schematica tensiune - deformatie superelastica, cu definirea parametrilor tipici de pseudoelasticitate: tensiunile de încarcare (σ_i) si de descarcare (σ_d), alungirile totala (ε_t) si permanenta (ε_p) si energiile disipata (E_1) si înmagazinata, disponibila la descarcare (E_2) [8]

Superelastic strain - stress diagram with specific PSE parameters: loading (σ_i), unloading (σ_d), total (ε_t) and permanent (ε_p) elongation, dissipated (E_1) and stored (E_2) energies

datorita reordonarii pseudomaclelor, care sunt aduse în pozitii mai stabile. Astfel, în ciuda caracteristicilor utile, legate de reducerea treptata a modulului de elasticitate la descarcare, AMF pseudomaclate nu pot fi de uz comercial.

Pseudoelasticitatea de transformare

PSE de transformare - numita adesea si "superelasticitate" [8] - se datoreaza unei transformari de faza indusa prin tensiune (marcând de obicei aparitia MIT) si nu se poate produce la temperaturi mai mari decât M_d. Acest efect, care apare la majoritatea AMF, se analizeaza cu ajutorul unor parametri tipici, definiti pe o curba schematica tensiune-deformatie superelastica, figura 3 [8]. Astfel, se definesc: σ_i - tensiunea platoului de încarcare, σ_d - tensiunea platoului de descarcare, ε_t - alungirea totala, ε_p - alungirea remanenta, E_1 - energia disipata în timpul ciclului (histerezisul transformarii), E_2 - energia înmagazinata, care devine disponibila la descarcare. Când platourile sunt înclinate, tensiunile tipice se definesc în punctul de intersectie a prelungirilor celor doua portiuni liniare (elastica si de platou), figura 4 [11]. In figura 4 se observa ca superelasticitatea este incompleta, alungirea remanenta având o valoare relativ ridicata. Aceasta situatie este o consecinta a tendintei de a mari randamentul de înmagazinare a energiei - $\eta = E_2/(E_1 + E_2)$ - care creste odata cu tensiunea platoului de încarcare (σ_i), acesta din urma putând depasi valoarea critica de curgere (σ_c).

In general, comportarea AMF în spatiul temperatura-tensiune poate fi schematizata ca în figura 5 [1], [8]. S-au indicat modurile de deformare pseudoelastica si domeniile de stabilitate a martensitei de calire (MC), a martensitei induse prin tensiune (MIT) si a austenitei (A). Peste limita de curgere (σ_c) se produce deformatia plastica prin alunecare. In realitate, aceste linii nu sunt drepte ci au forme complexe, dictate de comportamentul materialului. Pe de alta parte, domeniul nehasurat, definit de M_s, M_d si de variatia PSE de transformare, presupune o comportare diferentiata:

- *între A_f si M_d se defineste superelasticitatea perfecta, prezenta la toate AMF. La majoritatea aliajelor, aceasta nu apare la scaderea temperaturii sub A_s.*
- *între M_s si A_s cele doua faze de transformare, MC si A, coexista. Acest interval se caracterizeaza prin PSE incompleta de transformare, datorita cresterii stabilitatii MIT.*

Cu toate acestea, exista anumite intervale în domeniul (semi) martenstic, pe care AMF prezinta superelasticitate completa si sub A_s (si uneori chiar sub M_f). Iata deci, ca în domeniul martensitic poate exista o PSE de maclare, dar si una de transformare care, în anumite situatii, poate fi chiar perfecta. Cum articolul de fata nu-si propune sa se ocupe de superelasticitate clasica (austenitica), se vor prezenta în continuare câteva exemple de PSE de transformare în domeniul (semi) martensitic.

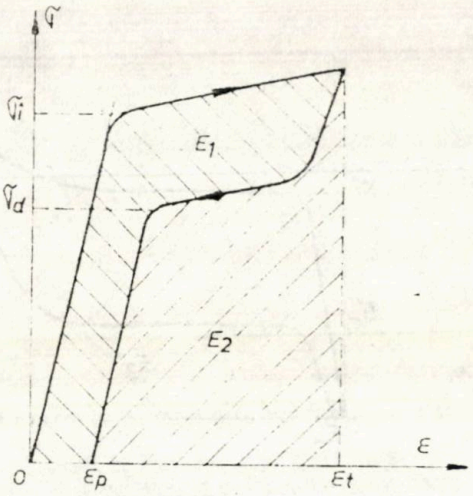


Fig. 4

Curba schematica de tensiune - deformatie prezentând superelasticitate incompleta [11]
Strain - stress diagram with incomplete superelasticity

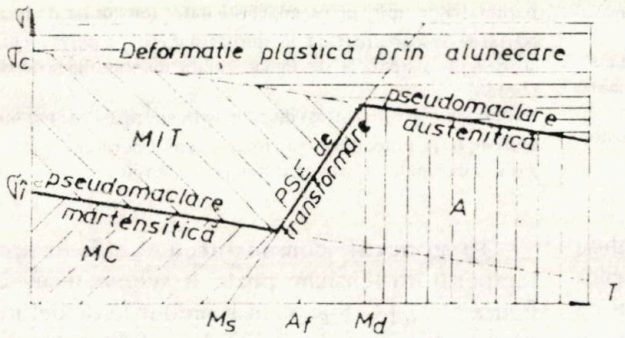


Fig. 5

Diagrama schematica, indicând modurile de deformare pseudoelastica si domeniile de stabilitate a fazelor: martensita de calire si indusa prin tensiune (MC si MIT) si austenita (A) [1,8]
Diagram indicating PSE deformation modes and martensitic stability ranges of quenching and stress induced martensitic phase and austenitic phase

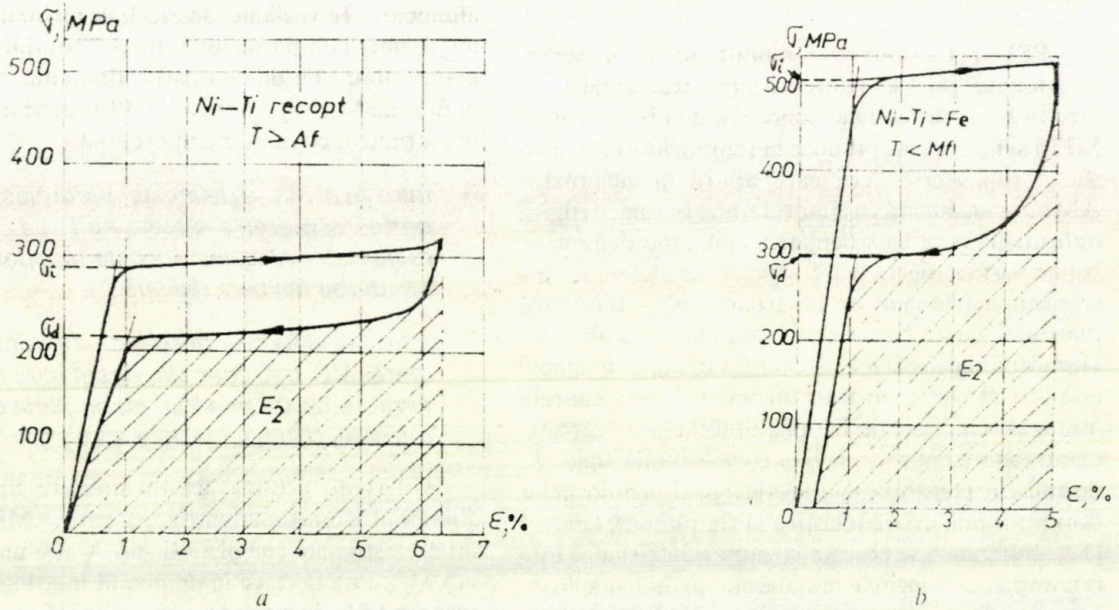


Fig. 6

Tipuri de pseudoelasticitate de transformare la Ni - Ti [8,12] : a - superelasticitate perfecta, la $T > A_f$; b - interval de superelasticitate martensitica, obtinuta la $T < M_f$, prin aliere cu Fe
Transformation PSE types in Ni - Ti : a - perfect superelasticity at $T > A_f$; b - martensitic superelasticity interval at $T < M_f$ by alloying with Fe

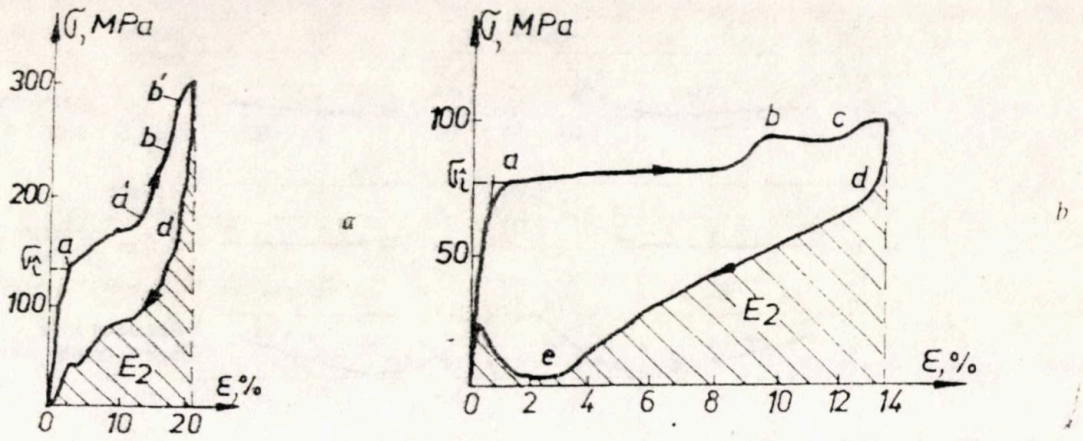


Fig. 7

Tipuri de pseudoelasticitate de transformare la Cu - Zn [3] : a - superelasticitate perfecta la temperaturi cu mult peste M_s; b - interval de superelasticitate martensitica la temperaturi situate doar cu putin deasupra lui M_s

Transformation PSE types in Cu - Zn : a - perfect superelasticity above M_s ; b - martensitic superelasticity interval just above M_s

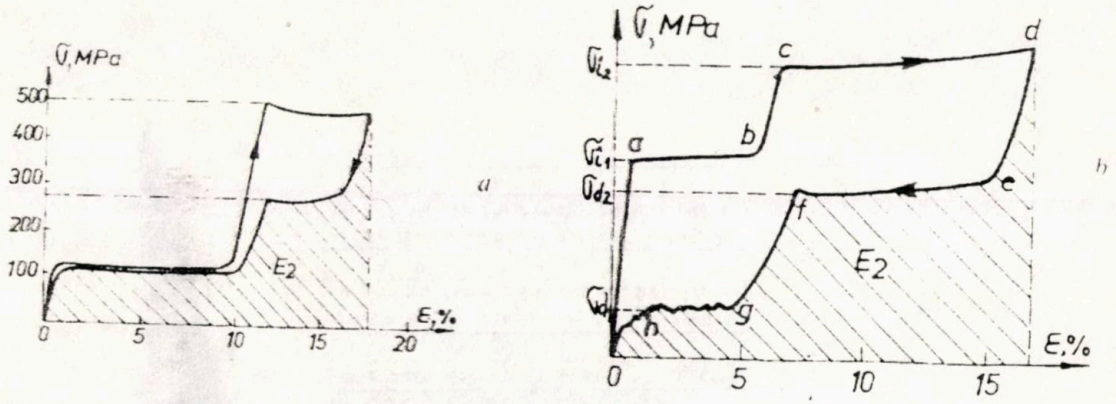


Fig. 8

Tipuri de pseudoelasticitate de transformare la Cu - Al - Ni [1]: a - la T > Af ; b - la T < Mf

Transformation PSE types in Cu - Al - Ni: a - for T > Af; b - for T < Mf

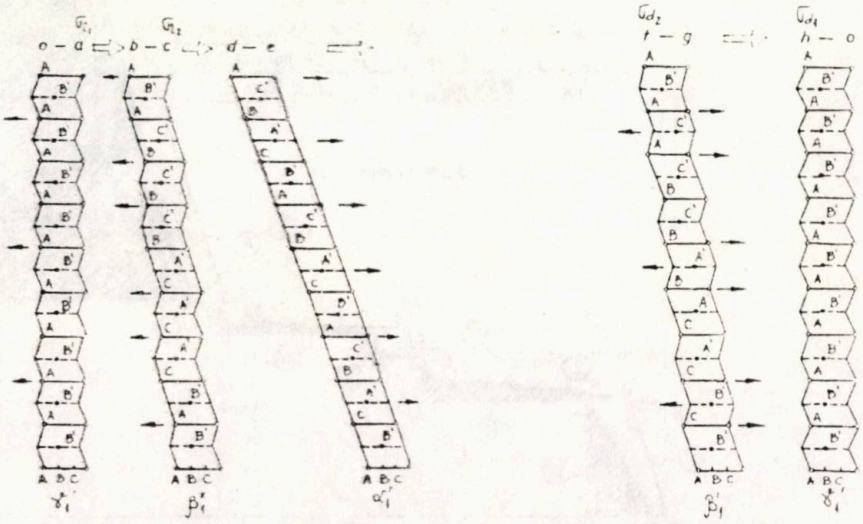


Fig. 9

Mecanismul transformarilor superelastice din figura 8b, cu indicarea structurilor de impachetare rezultate. Sagetile mari si goale arata sensul transformarii iar cele mici si pline arata deplasarile straturilor atomice, necesare pentru a se obtine structura urmatoare [1]

Superelastic transformations mechanism shown in fig. 8b indicating resulting packing structures. Long and empty arrows show transformation direction and the short ones the movement of atomic layers to get subsequent structures

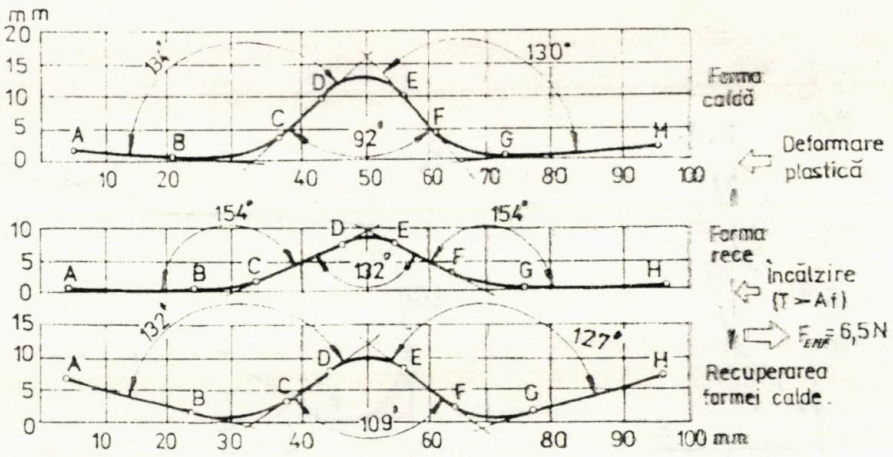
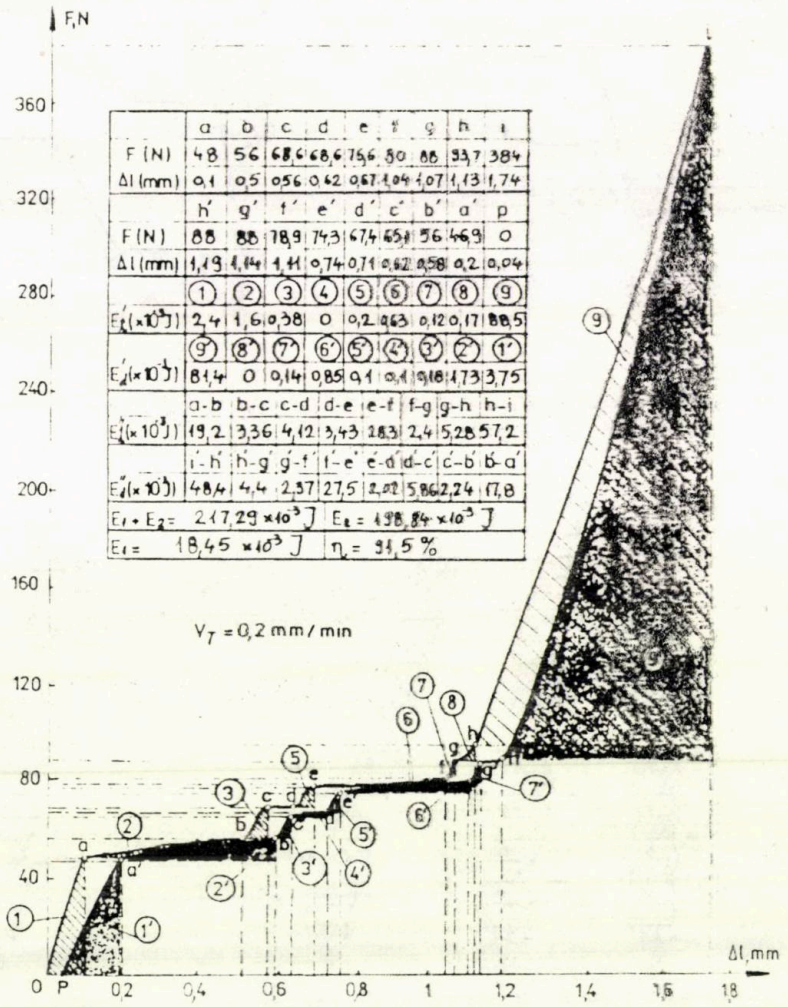


Fig. 10

Efectul de memoria formei la încovoiere tripla, prezentând redobândirea incompleta a formei calde, cu dezvoltarea unei forte de revenire "retinuta" de $F_{EMF} \approx 6,5$ N

Shape memory effects after triple bending, showing incomplete hot shape recovery with the development of a restrained recovery force by $F_{EMF} \approx 6,5$N



	a	b	c	d	e	f	g	h	i
F (N)	48	56	68,6	68,6	75,6	80	88	93,7	384
Δl (mm)	0,1	0,5	0,56	0,62	0,67	1,04	1,07	1,13	1,74
	h'	g'	f'	e'	d'	c'	b'	a'	p
F (N)	88	88	78,9	74,3	67,4	65,1	56	46,9	0
Δl (mm)	1,19	1,14	1,11	0,74	0,71	0,62	0,58	0,2	0,04
	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨
E'_i (×10⁻³ J)	2,4	1,6	0,38	0	0,2	0,63	0,12	0,17	88,5
	⑨'	⑧'	⑦'	⑥'	⑤'	④'	③'	②'	①'
E'_d (×10⁻³ J)	81,4	0	0,14	0,85	0,1	0,1	0,18	1,73	3,75
	a-b	b-c	c-d	d-e	e-f	f-g	g-h	h-i	
E_i (×10⁻³ J)	19,2	3,36	4,12	3,43	2,83	2,4	5,28	57,2	
	i-h'	h-g'	g-f'	f-e'	e-d'	d-c'	c-b'	b-a'	
E'_d (×10⁻³ J)	48,4	4,4	2,37	27,5	2,02	5,86	2,24	17,8	
$E_1 + E_2$ = 217,29 ×10⁻³ J					E_t = 198,84 ×10⁻³ J				
E_i = 18,45 ×10⁻³ J					η = 91,5 %				

Fig. 11

Curba de tractiune pseudoelastica a epruvetei incercate cu viteza de tragere v_T = 0,2 mm/min. În tabelul din figura s-au prezentat datele de calcul a parametrilor tipici

PSE tensile diagram for a tensile test piece with V_T = 0.2 mm/min The table shows computation data for specific parameters

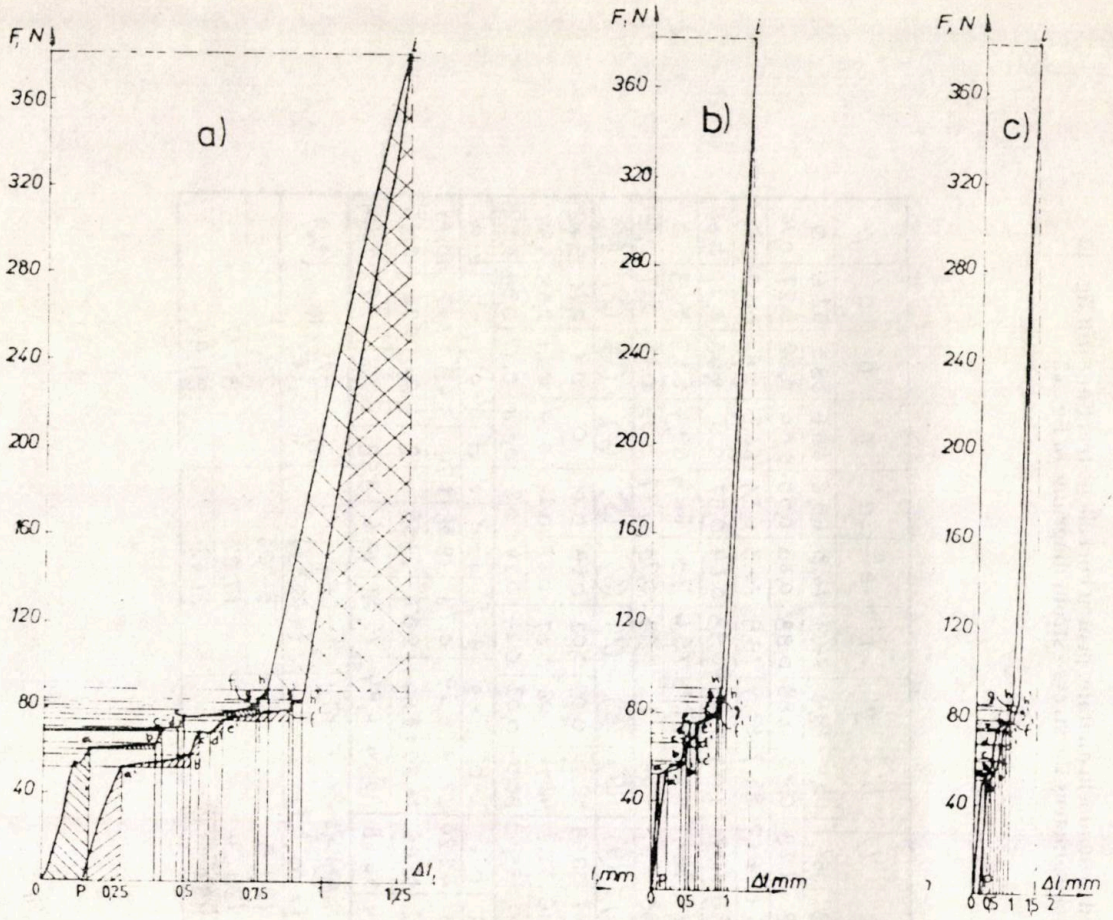


Fig. 12

Curbe de tractiune superelastica a aceleiasi epruvete din fig. 11, solicitate cu diferite viteze de tragere: a - v_T = 0,25 mm/min.; b - v_T = 1mm/min.; c - v_T = 2 mm/min. Parametrii tipici se calculeaza cu ajutorul tabelului 1

Superelastic tensile diagram for the fig. 11 test piece for various strain rates: a - v_T = 0.25 mm/min; b - v_T = 1mm/min; c - v_T = 2 mm/min. Specific parameters are computed using table 1

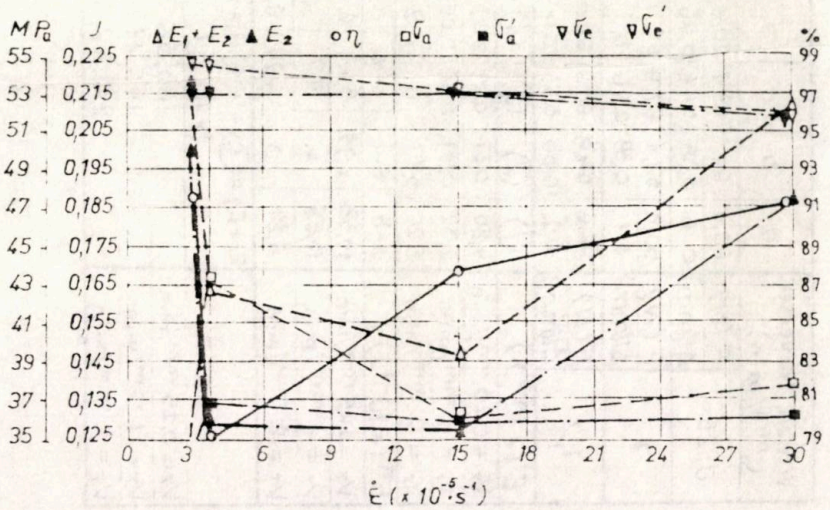


Fig. 13

Diagrama de variatie, in functie de viteza de alungire relativa ($\dot{\varepsilon}$), a parametrilor tipici de pseudoelasticitate, determinati pe curbele din Fig. 11 si Fig. 12

PSE: specific parameters variation depending on strain rate ($\dot{\varepsilon}$); computation using Fig. 11 and Fig. 12

Tabelul 1

Valori experimentale si elemente de calcul ale parametrilor tipici de pseudoelasticitate, pentru curbele de tractiune din fig. 12
Test values and computation elements for PSE specific parameters for stress - strain diagrams in fig. 12

Viteza traversei (mm/min)		a	b	c	d	e	f	g	h	i	h'	g'	f'	e'	d'	c'	b'	a'	p
0,25	F (N)	60,6	64	69,7	70,9	76,6	80	83,4	88	381,7	83,4	78,9	74,9	74,3	68,6	68,6	58,3	52,6	0
	Δl(mm)	0,16	0,38	0,41	0,46	0,49	0,76	0,77	0,8	1,28	0,93	0,89	0,88	0,63	0,59	0,54	0,52	0,27	0,14
1	F (N)	50,3	57,1	67,4	69,7	74,3	78,9	84,6	89,1	381,7	85,7	83,4	78,9	74,3	67,4	66,3	56	50,2	0
	Δl(mm)	0,1	0,39	0,46	0,5	0,5	0,86	0,89	0,96	1,32	1,03	0,96	0,93	0,64	0,57	0,5	0,46	0,21	0,04
1,2	F (N)	52,6	54,9	60,6	66,3	73,1	76,6	82,3	84,6	381,7	83,4	82,3	75,4	73	66,3	59,4	53,7	50,3	0
	Δl(mm)	0,2	0,33	0,33	0,4	0,53	0,87	0,87	0,93	1,6	1,06	1	0,93	0,73	0,67	0,53	0,47	0,27	0,13
E^i ($\times 10^{-3}$ J)		①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	⑨'	⑧'	⑦'	⑥'	⑤'	④'	③'	②'	①'
V_T = 0,25 mm/min		4,85	0,37	0,09	0,03	0,09	0,46	0,02	0,07	70,49	52,2	0,02	0,02	0,58	0,11	0	0,1	0,71	3,42
V_T = 1 mm/min		2,52	0,99	0,36	0,05	0	0,83	0,09	0,16	52,7	42,94	0,08	0,07	0,67	0,24	0,04	0,21	0,58	4,37
V_T = 2 mm/min		5,26	0,15	0	0,2	0,44	0,6	0	0,07	99,53	80,54	0,03	0,24	0,24	0,2	0,48	0,17	0,34	3,52
E^{ii} ($\times 10^{-3}$ J)		a-b	b-c	c-d	d-e	e-f	f-g	g-h	h-i	i-h'	h'-g'	g'-f'	f'-e'	e'-d'	d'-c'	c'-b'	b'-a'		
V_T = 0,25 mm/min		13,33	1,92	3,49	2,13	20,68	0,8	2,5	42,24	29,19	3,29	0,79	18,58	2,74	3,43	1,17	13,15		
V_T = 1 mm/min		14,59	4	2,7	0	26,75	2,37	5,92	52,08	24,85	5,84	2,37	21,55	4,72	4,64	2,24	12,85		
V_T = 2 mm/min		6,84	0	4,24	8,62	24,85	0	4,94	56,68	45,04	4,94	15,08	14,6	3,98	8,32	3,22	10,06		

	$E_1+E_2=(①+\cdots+⑨)+[(a-b)+\cdots+(h-i)]$ ($\times 10^{-3}$ J)	$E_2=(①'+\cdots+⑨')+[(b'-a')+\cdots+(i-h')]$ ($\times 10^{-3}$ J)	E_1 ($\times 10^{-3}$ J)	$\eta=\frac{E_2}{E_1+E_2}\cdot 100$, (%)
V_T = 0,25 mm/min	163,56	129,5	34,06	79,18
V_T = 1 mm/min	146,11	128,24	17,87	87,77
V_T = 2 mm/min	212,42	191	21,42	89,91

Superelasticitatea martensitica la monocristale

Nitinolul este considerat cel mai des utilizat AMF si de aceea comportarea sa este reprezentativa pentru diverse caracteristici legate de memoria formei. Astfel, superelasticitatea perfecta din figura 6a [12] a devenit un exemplu reprezentativ pentru bucla de PSE. Din cauza tensiunii reduse de descarcare (σ_d) s-au cautat metode de marire a rigiditatii nitinolului, la temperatura camerei (si de obtinere a superelasticitatii martensitice), recurgându-se la aliere (cu V, Co, Fe, Al sau Cr) sau la ecruisare [8], [12]. Un exemplu de superelasticitate martensitica, ca efect al alierii cu Fe, este prezentat în figura 6b [8].

Un alt exemplu de superelasticitate martensitica il reprezinta figura 7 [3], pentru Cu-Zn. Se observa ca bucla superelastica perfecta din figura 7a (obtinuta la temperaturi cu mult deasupra lui Ms) admite alungiri si tensiuni mai mari decât cea martensitica din figura 7b (obtinuta la temperaturi doar cu putin mai mari decât Ms).

In fine, figura 8 [1] arata un ultim exemplu de comportare superelastica la Cu-Al-Ni. Se observa ca bucla de superelasticitate austenitica din figura 8a (la $T > A_f$) are un histerezis mai mic decât cea martensitica din figura 8b (la $T < M_f$). La acest tip de aliaj apare "superelasticitate cu curgere dubla" [3], remarcata si la Cu-Zn dar mai putin pronuntata si numai la încarcare, (fig.7b). Pe cele doua platouri, se produc urmatoarele transformari martensitice induse prin tensiune:

încarcare: ab - $\gamma_1' \rightarrow \beta_1''$ si cd - $\beta_1'' \rightarrow \alpha_1'$

la descarcare: ef - $\alpha_1' \rightarrow \beta_1'$ si gh - $\beta_1' \rightarrow \gamma_1'$

Mecanismul acestor transformari, împreuna cu tipurile de împachetare a MIT (conform traseului încarcare-descarcare din fig.8), sunt reprezentate în figura 9 [1]. Cele patru platouri prezentate anterior au intercalate sageti goale, ce marcheaza sensul transformarii. Pe domeniile despartite cu liniuta (oa, bc, de, fg si ho), MIT ($\gamma_1', \beta_1'', \alpha_1', \beta_1'$ si respectiv γ_1') se alungeste sau se contracta elastic. In plus, la fiecare structura de împachetare, deplasarile necesare pentru a obtine structura urmatoare s-au aratat cu sageti pline.

Superelasticitatea policristalelor [8]

Spre deosebire de monocristale, policristalele sunt caracterizate, în general, prin deformatii recuperabile mai scazute. Cu toate acestea, s-au observat valori de aproximativ 11% pentru o sârma de Ti-50,8% Ni (dupa ecruisare 40% si recoacere 30 min.la 375^0C),de pâna la 5% la Cu-Zn si de numai 1% la Cu-Al - Ni.

Lucrarea isi propune sa evidentieze particularitatile PSE martensitice cu curgere dubla a unor policristale de aliaj de tip Cu-Al-Ni si dupa ce se determina parametrii tipici, sa analizeze variatia acestora, în functie de viteza de deformare.

Procedeul experimental

Epruvetele, de dimensiuni 0,7x2x100 mm, s-au confectionat dintr- un aliaj Cu-Al-Ni-Fe-Sn, elaborat dupa un procedeu conceput de autori. Dupa verificarea efectului de memoria formei (EMF) si aproximarea temperaturii M_S, s-au efectuat încercari la tractiune, pe o masina "Heckert" tip FPZ 100/1, cu posibilitati de încarcare-descarcare cu diferite viteze. In fiecare caz, masina traseaza automat bucla de PSE sub forma diagramei de încercare.

Rezultatele experimentale

In figura 10 se arata în marime naturala principalele etape parcurse de o proba la experienta de evidentiere a EMF, prin încovoiere tripla. Forma calda este deformata la rece si încalzita, dupa ce a fost prinsa între menghinele masinii (care sunt imobilizate). In acest caz, revenirea este "retinuta", forma calda nefiind redobândita complet. Intre 125-130^0C, s-a observat o crestere brusca a fortei în bacuri (desi traversa era fixa), pâna la $F_{EFM} \approx 6,5$ N. Deci $A_S \approx$ 125-130^0C si conform celor aratate în figura 2, se poate trage concluzia ca $M_S > T_{amb}$.

In figura 11 si 12 se prezinta curbele de PSE martensitice de transformare, asemanatoare, în linii mari, curbei din figura 8b. In plus, au aparut câte doua paliere mici (atât la încarcare cât si la descarcare) care, desi initial au fost considerate raspunzatoare pentru doua transformari noi, se datoreaza influentelor capetelor epruvetei prinse în menghine. Acestea, sub efectul menghinelor, sufera aceleasi transformari dar la tensiuni mai mari. Atât în figura 11 (obtinuta la o viteza de tragere $v_T = 0,2$ mm/min.), cât si în figura 12 (unde vitezele de tragere au fost 0,25 mm/min, 1 mm/min. si 2 mm/min.), s-au marcat punctele de început si de sfârsit de transformare, pentru care s-au prezentat tabelul 1, valorile fortei si ale deformatiei (fig.11, tab.1 fig.12). Cu valorile anterioare s-au calculat energiile totale ($E_1 + E_2$) si energia de descarcare (E_2) ca arii de sub curbe de încarcare si respectiv descarcare, dupa cum urmeaza:

$E_1 + E_2 = ① + ② + ③ + ... + ⑨ + (a-b) + (b-c) + c-d) + ... + (h-i)$ unde ①..⑨ sunt ariile triunghiurilor (hasurate) de sub curba de încarcare iar (a-b).....(h-i) sunt ariile dreptunghiurilor complementare, determinate de forta primului punct (a,.....,h) si de alungirile relative dintre puncte ($\Delta l_b - \Delta l_a$.....$\Delta l_i - \Delta l_h$). E_2 s-a calculat în mod analog pe baza ariilor de sub curba de descarcare, notate cu indice prim. Dupa calculul energiilor, s-a determinat randamentul de înmagazinare a energiei.

In figura 13 se prezinta variatiile parametrilor tipici de PSE, în functie de viteza de alungire relativa, calculata cu $\dot{\varepsilon} = v_r \cdot (60x100)(s^{-1})$.

Concluzii

Toate probele policristaline de Cu-Al-Ni-Fe-Sn au prezentat alungiri pseudoelastice de peste 1% pâna la 1,74%.

Desi cresterea vitezei de alungire, de la 3 la $3,85x10^{-5}s^{-1}$ a fost însotita de scaderi bruste ale energiilor totale si de descarcare precum si a randamentului, tendinta generala pare sa fie de crestere atât a energiilor cât si a randamentului, odata cu viteza de alungire relativa (bineînteles, daca nu se depaseste o anumita limita).

Viteza de deformare are o influenta neglijabila asupra tensiunilor platourilor celor doua transformari (atât la încarcare cât si la descarcare). O crestere de 30 de ori a lui $\dot{\varepsilon}$ a produs cresterea tensiunii de platou cu max.3 MPa (în jur de doar 8%).

Alungirea permanenta nu prezinta o variatie clara dar se pastreaza între limite situate la valori scazute (0,3-0,14%), deci de cel putin 100 de ori mai mici decât alungirea pseudoelastica totala, ceea ce apropie bucla obtinuta de superelasticitatea completa.

BIBLIOGRAFIE

[1] **Otsuka K., Sakamoto H., Shimizu K.**: *Succesive Stress- Induced Martensitic Transformations and Associated Transformation Pseudoelasticity in Cu-Al-Ni Alloys.* In: Acta Metallurgica 27, 1979, p.585

[2] **Otsuka K, Wayman C.M., Nakai K., Sakamoto H., Shimizu K.**: *Superelasticity Effects and Stress-Induced Martensitic Transformations in Cu-Al-Ni Alloys.* In: Acta Metallurgica 24, 1976, p.207

[3] **Schroeder T.A., Wauman, C.M.** : *Martensite-to-Martensite Transformations in Cu-Zn Alloys.* In: Acta Metallurgica 26, 1978, p.1745

[4] **Melton K.N., Mercier, O.**: *The Mechanical Properties of NiTi-based Shape Memory Alloys.* In: Acta Metallurgica 29, 1981, p.393

[5] **Duering T.W., Albrecht J., Richter D., Fischer P.**: *Formation and Reversion of Stress-Induced Martensite in Ti-10V- 2Fe-3Al.* In: Acta Metallurgica 30, 1982, p.2161

[6] **Sato A, Chishima E, Soma K., Mori T**: *Shape-Memory Effect in $\gamma \rightleftarrows \varepsilon$ Transformation in Fe-30Mn-1Si Alloy Single Crystals.* In: Acta Metallurgica 30, 1982, p.1177

[7] **Wayman C.M., Duering T.W.** - *An Introduction to Martensite and Shape Memory Engineering Aspects of Shape Memory Alloy.* Editura Duering T.W., Melton K.N., Stöckel D., Wayman C.M. Butterworrh-Heinemann, London-Boston-Singapore-Sydney-Toronto- Wellington, 1990, p.3

[8] **Duerig T.W. , Zadno R.**: An Engineer's Perspective of Pseudoelasticity, p.369

[9] **Reed. Hill, R.E.** - 9.16. *Deformation Twinning and Martensite Reactions.* Physical Metallurgy Principales, 2nd edition, Brooks/Cole Engineering Devision, California, 1973, p.611

[10] **Saburi T., Wayman C.M.** : *The Shape Memory Mechanism and Related Phenomena in Ag-Cd.* In: Acta Metallurgica 28, 1980, p.1

[11] **Miyazaki S.**: *Thermal and Stress Cycling Effects and Fatigue Properties of Ni-Ti Alloys*, p.394

[12] **Chute D.J., Hidgson D.E.**: *Eyeglass Frames and SMA-the Challange and the Product.* p.420

REVISTA REVISTELOR

Blech/ Rohre/ Profile, *Germania, nr. 7/8, 1993*

- *Presa universala mecano-hidraulica, p.556*
- *Presa hidraulica în trepte controlata, p.565*
- *Modul de reparatii si revizii la SDV-urile de forjare, p.570*
- *Sisteme amortizoare cu perna de azot, p.576*
- *Lustruirea automata robotizata, p.579*
- *Umarirea procesului pe masinile automate de stantare, p.580*
- *Umarirea si optimizarea proceselor de forjare cu ajutorul sunetelor din solide, p.586*
- *Câstigarea si utilizarea experientei-conceptie de calificare pentru umarirea automata integrata a masinilor automate de stantare, p.591*
- *Asigurarea calitatii la prelucrarea tablei metalice-umarirea magneto inductiva a proprietatilor mecanice ale tablei metalice, p.595*
- *Sistem de sensori pentru masura de îndreptare controlata a tablei, p.599*
- *Celula flexibila de testare a formei pieselor din tabla, p.602*

STABILIZARE SI COMPORTAMENT TERMOMECANIC CICLIC, LA UN ALIAJ CU MEMORIA FORMEI, TIP Cu-Al-Ni

Ing. Leandru-Gheorghe Bujoreanu, lector, ing. Sergiu Stanciu, lector,
Universitatea Tehnica "Gh Asachi" Iasi

ing. Vasile Dia S. C. TEPRO S. A. Iasi

C.Z. 669.017.3

Introducere

La aliajele cu memoria formei (AMF), fazele metalografice (austenita si martensita) sunt în stare metastabila si din acest motiv evolueaza în mod natural spre echilibru termodinamic printr-un proces care se numeste stabilizare. La AMF pe baza de cupru, stabilizarea martensitei se manifesta prin cresterea temperaturilor critice de transformare inversa, A_S si A_f si este net favorizata de marirea temperaturilor de îmbatrânire (revenire) [1].

Pe de alta parte, în timpul ciclurilor (termo) mecanice, atât la transformarea martensitica inversa, cât si la solicitarea pseudoelastica, apare un tip de "stabilizare", însotita de reducerea histerezisului. Cauzele acestei stabilizari mecanice sunt dislocatiile emisar produse de deplasarea interfetei austenita-martensita (la reversia martensitei) [2] si respectiv disiparea energiei înmagazinate în microfisurile de pe limitele intervariante ale martensitei (la descarcarea pseudoelastica) [3]. În ambele cazuri, histerezisul se reduce considerabil, obtinându-se un efect de memoria formei (EMF) stabil sau o bucla pseudoelastica cu deformatie totala perfect recuperabila.

Un efect interesant se poate obtine prin combinarea stabilizarii termice (la revenire) cu stabilizarea termomecanica (prin EMF repetat, cu revenire retinuta), rezultatele fiind analizate prin evolutia comportamentului de pseudoelasticitate (PSE). Aceste aspecte fac obiectul prezentului studiu, materialul analizat fiind un aliaj cu memoria formei tip Cu-Al-Ni.

Procedee experimentale

Printr-o metoda descrisa detaliat într-alta lucrare [4], s-au confectionat epruvete de dimensiuni 0,7 x 2 x x 35 mm (cu lungimea de prindere între bacuri l_0 = = 25 mm), dintr-un aliaj experimental Cu-Al-Fe-Sn.

Aceste epruvete au fost supuse la trei tipuri de prelucrari:

- **a)** tratamentele termice: TT_1 (calire) = 5 min/400^{0}C + racire în apa la 7^{0}C si TT_2 (calire + revenire) = TT1 + (30s/100^{0}C + racire în aer);
- **b)** cicluri termomecanice de EMF prin revenire retinuta: tractiune la rece pâna la o anumita valoare a tensiunii si alungirii, urmata de încalziri si raciri periodice, la alungire constanta;
- **c)** cicluri de încarcare-descarcare pseudoelastica.

Rezultatele variatiei tensiunii, în functie de alungire (la buclele de PSE) sau de timp (la ciclurile de EMF cu revenire retinuta), sunt trasate automat de o masina de încercat la tractiune "Heckert" tip FPZ 100/1. S-au folosit: o viteza de alungire relativa $\dot{\epsilon} = 1{,}3 \times 10^{-4} s^{-1}$ si doua viteze de deplasare pe care sunt trasate diagramele $v_{TI1} = 20$ mm/min si $v_{TI2} = 60$ mm/min.

Rezultatele experimentale

Efectele ciclarii prin revenire retinuta, dupa TT1

O epruveta, careia i s-a aplicat TT_1, a fost alungita cu aproximativ 0,48 % atingându-se o tensiune maxima $\sigma_{max1} \approx 71$ MPa. Apoi traversa a fost blocata si s-au aplicat 8 cicluri de EMF cu revenire retinuta (care produce doar tensiune, nu si deformatie) pâna când tensiunea a scazut la 0. Rezultatele variatiei tensiunii în timp sunt trasate în figura 1, unde s-au notat: cu C_i - punctele aplicate a încalzirii rapide, cu Ri - punctele de întrerupere a acesteia, cu T_i - punctele de maxim ale tensiunii generate prin EMF (în timpul încalzirii) si cu M_i - cele generate tot din EMF dar dupa întreruperea încalzirii. În plus, s-au înnegrit regiunile dintre R_i si M_i (din cauza caracterului mai special al acestei cresteri, asupra careia se va reveni) si s-au marcat intervalele de aparitie a EMF la încalzire. Se observa ca la aplicarea încalzirii, în C_i s-a produs o relaxare rapida (din cauza dilatarii termice), dupa care tensiunea a crescut prin EMF pâna la T_i. Cu exceptia primului ciclu, încalzirea a continuat si dupa T_i, observându-se contracararea EMF de catre dilatarea termica (din cauza cresterii temperaturii epruvetei), care duce la scaderea tensiunii, în aceste cazuri, când s-a întrerupt încalzirea în Ri s-a observat o noua crestere a tensiunii dar mult mai rapida decât prima (de la T_i) atingându-se punctele M_i.

Aceasta crestere brusca de la întreruperea încalzirii nu este, în mod evident, efectul contractiei

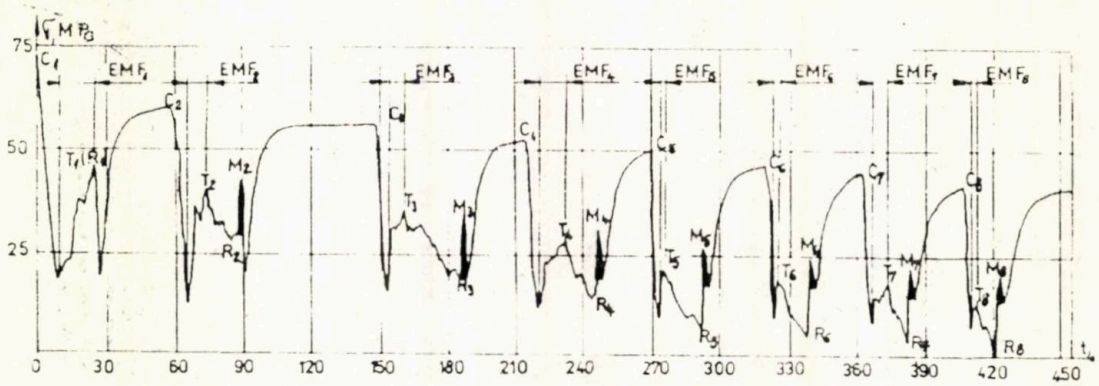


Fig. 1

Fig. 1

Primul ciclaj de EMF cu revenire retinuta (la epruvete cu TT_1), pornind de la $\sigma_{max1} \approx 71$ MPa, cu pastrarea constanta a alungirii ($\varepsilon_1 \approx 0{,}48\%$)

The first EMF cycling with retained recovery (TT_1 test pieces) starting from $\sigma_{max1} \approx 71$ MPa, keeping a constant elongation ($\varepsilon_1 \approx 0{,}48\%$)

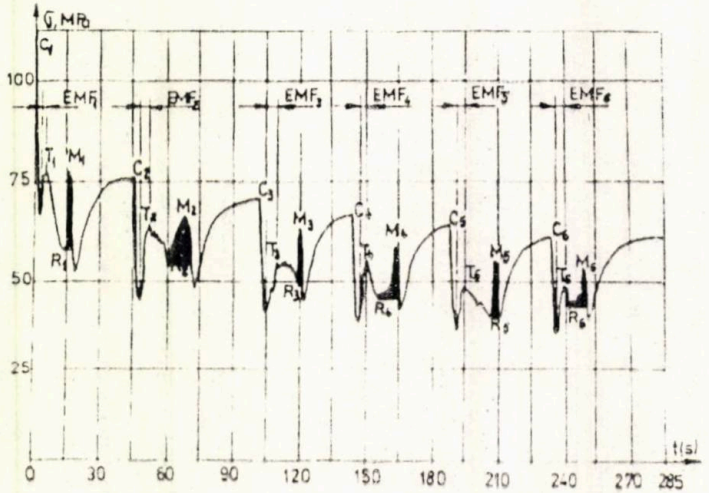


Fig. 2

Cel de-al doilea ciclaj de EMF cu revenire retinuta, la epruveta tratata conform Fig. 1, pornind de la $\sigma_{max2} \approx 107$MPa, cu pastrarea constanta a alungirii ($\varepsilon_2 \approx 0{,}68\%$)

The second EMF cycling with retained recovery of a test piece treated acc. to figure 1, starting from a $\sigma_{max2} \approx 107$MPa, keeping a constant elongation of $\varepsilon_2 \approx 0{,}68\%$

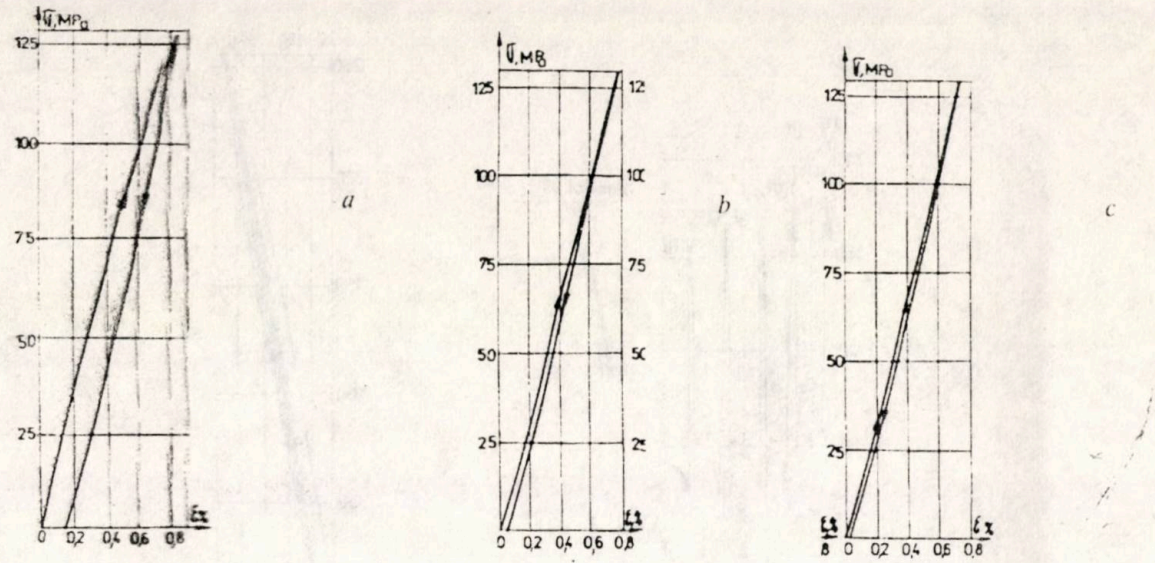


Fig. 3

Evolutia PSE pe epruvetele cu TT_1: a - comportarea initiala; b - dupa primul ciclaj (din Fig. 1); c - dupa cel de-al doilea ciclaj (din Fig. 2)
PSE evolution on TT_1 test pieces : a - initial behaviour; b - after the first cycling (fig. 1); c - after the second cycling (fig. 2)

de la racire (care se poate vedea prin portiunile R_iC_{i+1}) si este cu atât mai suprinzatoare cu cât tensiunea punctelor M_i tinde s-o depaseasca tot mai mult pe cea a punctelor T_i, o data cu cresterea numarului de cicluri. O explicatie posibila a acestei cresteri neasteptate a tensiunii, la întreruperea încalzirii, consta în prezenta EMF pe toata portiunea T_iR_i pe care temperatura epruvetei creste continuu, efectul de memorie fiind contracarat de dilatarea termica. Atunci când aceasta din urma nu mai este activata (la întreruperea încalzirii în R_i), EMF actioneaza un timp foarte scurt, cât îi trebuie epruvetei sa se raceasca, de la temperatura atinsa în R_i pâna la punctul critic M_s. Sub M_s (temperatura punctului M_i), epruveta redevine martensitica, (deci mai moale), EMF nu mai actioneaza si dilatarea termica produce o noua scadere brusca a tensiunii, care este imediat contracarata de contractia de la racirea pâna la temperatura ambianta (atinsa abia în C_{i+1}).

Daca aceleiasi epruvete i se aplica înca 6 cicluri EMF cu revenire retinuta, de data aceasta dupa atingerea unei tensiuni $\sigma_{max2} \approx 107$ Mpa - la o alungire relativa (care se mentine constanta pe parcursul ciclarii), de aproximativ 0,68 % - se obtine variatia tensiunii în timp din figura 2. In acest caz, încalzirea a fost mentinuta la fiecare ciclu, pâna s-a observat scaderea tensiunii, dupa producerea EMF (în punctul T_i). Se remarca prezenta acelorasi caracteristici, ca în cazul precedent, însa cresterea tensiunii prin contractia de la racire (în C_i) nu mai este la fel de puternica fata de cea produsa prin EMF de la încalzire (T_{i-1}) sau de la întreruperea acesteia (M_{i-1}).

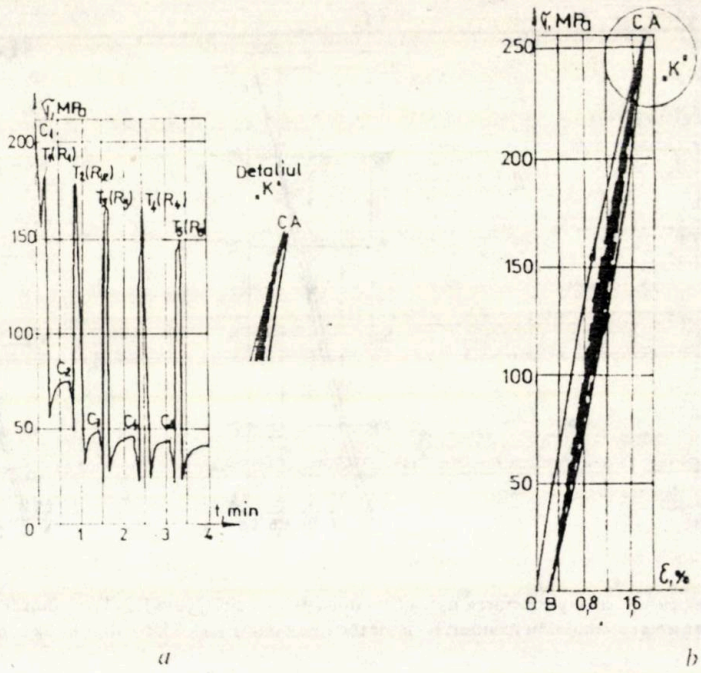
La temperatura ambianta s-au efectuat cicluri de PSE, înaintea ciclarilor termomecanice, precum si dupa fiecare dintre acestea. Astfel, se observa ca, în raport cu comportamentul pseudoelastic initial, (figura 3.a unde alungirea totala a fost $\varepsilon_{t1} \approx 0{,}84\%$ iar cea remanenta $\varepsilon_{r1} \approx 0{,}16$ %), histerezisul a scazut, atât dupa primul ciclaj termomecanic (figura 3.b, unde $\varepsilon_{t2} \approx 0{,}78$ % si $\varepsilon_{r2} \approx 0{,}05\%$), cât si dupa cel de-al doilea (figura 3.c $\varepsilon_{t3} \approx 0{,}72\%$ si $\varepsilon_{r3} \approx 0{,}02$).

Efectele ciclarii prin revenire retinuta, dupa TT_2

In figura 4 s-au prezentat variatia tensiunii pe parcursul a 5 cicluri de EMF cu revenire retinuta, (fig.4.a) si evolutia comportamentului de PSE, dupa ciclaj (fig.4.b), pe o epruveta care a suferit TT_2. Prin stabilizarea termica a martensitei (dupa revenire) se pot aplica tensiuni mai mari, în cazul de fata atingându-se $\sigma_{max3} \approx 214$ MPa la o alungire de cca 1,4 % (care este pastrata constanta în timpul ciclajului). Desi variatiile tensiunii, din figura 4.a sunt, în linii mari, asemanatoare celor produse la epruvetele calite se observa ca cresterea prin EMF, (din Ti), este mult mai mare decât cea datorata contractiei (în C_{i+1}). Mai trebuie remarcat faptul ca în figura 4.a încetarea încalzirii s-a facut exact în punctul de atingere al tensiunii maxime prin EMF ($T_i = R_i$). La analiza PSE dupa ciclaj (fig.4b), s-a obtinut o prima bucla "normala", OAB, dupa care epruveta s-a "rigidizat" alungindu-se mai putin ($\varepsilon_c < \varepsilon_A$) - vezi detalilul K - iar cea de a doua bucla, BCE, s-a închis.

Concluzii

Prin combinarea efectelor stabilizarii termice (produsa prin revenire) si termomecanice (produsa de ciclaj de EMF cu revenire retinuta) s-a obtinut o îmbunatatire clara a comportamentului de PSE. Din



a *b*

Fig. 4

Efectul stabilizarii termice (dupa TT_2): a - ciclaj de EMF cu revenire retinuta, de la $\sigma_{max3} \approx 214$ MPa, cu pastrarea constanta a lungirii ($\varepsilon_3 \approx 1{,}4\%$); b - evolutia PSE dupa ciclaj

Heat stabilization effect (acc. to TT_2) : a - EMF cycling with retained recovery, from $\sigma_{max3} \approx 214$ MPa, keeping a constant elongation of $\varepsilon_3 \approx 1{,}4\%$; b - PSE evolution after cycling

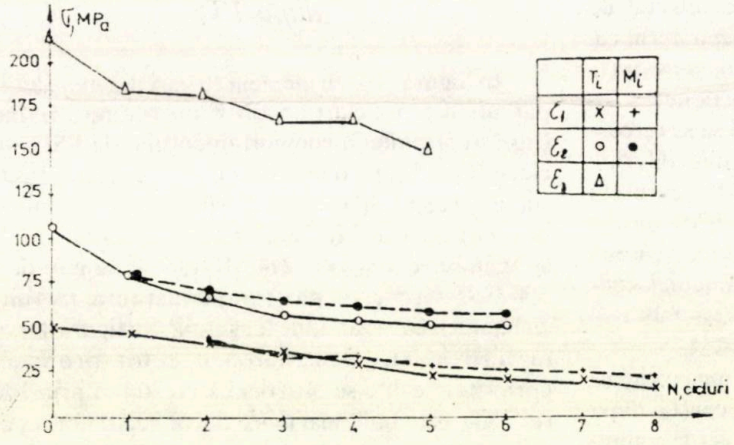


Fig. 5

Variatia tensiunii maxime produsa de EMF, la incalzire (cu linie continua) si imediat dupa incetarea acesteia (cu linie întrerupta), la cresterea numarului de cicluri

EMF induced max. stress variation (full line) and just after unloading (dotted line) when increasing cycle number

analiza rezultatelor experimentale se deprind doua concluzii importante:

- *a) Dupa calire si revenire, închiderea buclei de PSE s-a produs mult mai rapid - fata de comportamentul observat în absenta revenirii - si s-a observat o usoara rigidizare a aliajului.*
- *b) Ciclajul EMF cu revenire retinuta - care a produs atât rigidizarea cât si reducerea histerezisului si a alungirii remanente - este însotit de o relaxare a tensiunii în timp. Aceasta relaxare se manifesta si la valorile tensiunilor maxime generate prin EMF, atât în timpul încalzirii, cât si imediat dupa întreruperea acesteia, figura 5.*

BIBLIOGRAFIE

[1] **Van Hunbeeck , Stalmans R. Chandrasekaran M, Delaey L.**: On the Stability of Shape Memory Alloys. Engineering Aspects of Shape Memory Alloys. EdituraDuering T.W., Melton K.N., Stockel D. and Wayman, C.M., Butterworth-Heinemann, 1990,p.96

[2] **Kajiwara S. , Kikuki, T.**: *Dislocation Structures Produced by Reverse Martenistic Transformation in a Cu-Zn Alloys*. In: Acta Metallurgica 30, 1982 p.589

[3] **Hornbogen E.**: Fatigue of Copper-Based Shape Memory Alloys, p.267

PREOCUPARI PRIVIND INTRODUCEREA TEHNICII DE CALCUL LA FURNALELE DE LA C.S. "SIDEX" GALATI

Ing. Nita Iancu , ing. Mihai Bordei C. S. SIDEX S.A. Galati

C.Z.: 669.1

GENERALITATI

Cresterea productiei de fonta obtinuta pe furnalele de mare capacitate în conditii de calitate superioara si eficienta maxima a necesitat aprofundarea cunostintelor despre desfasurarea si conducerea procesului de elaborare a fontei.

Punctul de plecare al perfectiunii spectaculoase a tehnologiei fontei a fost anul 1968 când a început efectuarea operatiilor de sectionare la 12 furnale japoneze ajunse la sfârsitul campaniei, dupa racirea cu azot.

Cercetarile efectuate au permis analize aprofundate asupra evolutiei si succesiunii fenomenelor care au loc pe inaltimea furnalului. Ca urmare, s-a evidentiat rolul preponderent al zonei de înmuiere - topire (zona coeziva) în functionarea furnalului, zona a carei configuratie va avea o mare influenta asupra performantelor furnalului, atunci când caracteristicile ei pot fi controlate si îmbunatatite.

Zona coeziva apare cu forme si pozitii diferite este dependenta de repartizarea materialelor la gura de încarcare, de calitatea cocsului si de conditiile de insuflare a aerului si combustibililor auxiliari prin gurile de vânt. Structura si configuratia acestei zone joaca un rol important asupra stabilitatii functionarii furnalului, a consumului de cocs, a productivitatii si asupra duratei campaniei.

Localizarea geometriei acestei zone de topire poate fi determinata fie indirect prin masuratori în general discontinue, fie pornind de la fenomenele aerodinamice termice si chimice. Controlul configuratiei zonei coezive cere mijloace de control al procesului din furnal si aparatura de masura foarte sofisticata.

Pe baza acestor elemente s-a dezvoltat o noua conceptie de cunoastere si conducere a procesului de elaborare a fontei, permitând astfel modelarea matematica a principalelor fenomene ce au loc în furnal.

Implementarea si dezvoltarea tehnicii de calcul la furnal este posibila pe masura modernizarii si extinderii mijloacelor de masurare si control a procesului si a echiparii cu senzori noi multifunctionali de calitate superioara, care sa investigheze continuu procesul în scopul obtinerii unei informatii complete asupra starii interne a furnalului. In acest mod se va cunoaste permanent evolutia fenomenelor fizico-chimice si pe baza modelului se poate decide asupra marimilor de executie, în vederea stabilizarii regimului de functionare.

La fel de importanta este si necesitatea asigurarii si dotarii întregului sector primar cu instalatii si aparatura moderna pentru determinarea automata pe întreg fluxul de fabricatie a caracteristicilor fizico-chimice ale minereurilor care intra în componenta stivelor de omogenizare, aglomeratului, peletelor si a cocsului pâna la evacuarea produselor topite din furnal.

Conducerea procesului din furnal cu ajutorul calculatorului pe baza unui model matematic reprezinta obiectivul cel mai important si cel mai complex al automatizarii. Majoritatea modelelor matematice statice sau dinamice sunt construite pe baza corelatiei dintre parametrii reprezentativi cu pondere în proces, adica cei care pot defini starea termica a partii inferioare a furnalului.

Conducerea furnalului cu calculatorul pe baza modelului matematic se face urmarindu-se evolutia reducerii oxizilor în cuva si prin controlul starii termice a partii inferioare a furnalului, functie de desfasurarea generala a procesului.

Parametrii principali care stau la baza acestui control sunt de regula marimile din procesul de elaborare a fontei, adica analiza gazului de furnal si a fontei produse. Prin prelucrarea lor se ajunge în final la un parametru sintetic - energia interna care reprezinta starea termica a creuzetului si care caracterizeaza fonta. Functia sa este de anticipare, reglare si stabilizare a functionarii furnalului, în scopul cresterii calitatii fontei cu continut de siliciu constant si scazut în conditiile unui consum redus de cocs.

Masurile de reglare urmaresc de obicei modificarea distributiei încarcaturii a parametrilor aerului insuflat si ai combustibilului auxiliar, aceasta în scopul mentinerii pozitiei si configuratiei zonei coezive între anumite limite optime.

Folosirea tehnicii de calcul, pe baza unor modele matematice evoluate permite prelucrarea operativa a acestor informatii, cu eliminarea subiectivismului personalului de exploatare si luarea masurilor de corectie în timp util, prin comunicarea reglajului necesar procesului de elaborare a fontei.

UZINA AGLOMERARE - FURNALE "SIDEX S.A." GALATI

Proiect initial

Initial, la proiectarea primei etape din cadrul UAF, sectiile: DMP, Aglomerare I si Furnale 1-2, au fost prevazute cu un calculator Siemens P 303, care a fost pus în functiune în anul 1970, cu urmatoarele programe:

Sector pregatire materii prime:

- *evidenta intrarilor, iesirilor si a stocurilor de materii prime pe sorturi, puncte de depozitare si consumului .*

Fabrica de aglomerare:

- *evidenta cantitatilor dozate din fiecare buncar din statia de dozare;*
- *evidenta consumurilor specifice;*
- *evidenta parametrilor medii de functionare;*
- *reglarea automata a vitezei masinii, în functie de temperatura gazelor din ultimele trei camere de aspiratie.*

Furnale 1-2 (1700 mc):

- *evidenta cu corectia cantitativa a fiecarui sort de materii prime si cocs încarcate în furnal, în functie de reteta;*
- *evidenta valorilor medii a parametrilor de functionare;*
- *evidenta productiei de fonta cântarita si a consumurilor specifice;*
- *protocol analize chimice fonta si zgura;*
- *protocol de conducere a procesului din furnal pe baza energiei interne (KW).*

Din cauza numarului redus al mijloacelor de masura si control si a fiabilitatii scazute a echipamentului periferic si a unor elemente din configuratia calculatorului, dupa o serie de încercari efectuate în perioada anilor 1970-1975, calculatorul a fost scos din functiune.

In etapa finala de dezvoltare a combinatului, furnalul 5 (2700 mc) si furnalul 6 (3500 mc) au fost echipate în anii 1978, respectiv 1981 cu câte un calculator AEG 80-20 cu urmatoarele functiuni:

- *programarea si protocolarea încarcaturii;*
- *corectia la greutate a materialelor încarcate, iar la cocs în functie si de umiditate;*
- *comanda automata a aparatului de încarcare.*

Suplimentar la furnalul 6 se realizeaza si repartizarea cantitatilor de materiale depuse pe fiecare inel de încarcare.

Functionarea acestor programe se realizeaza cu ajutorul unor automate programabile (PLC) cu posibilitati hard si soft, largi, capabile sa preia din câmpul de echipamente un numar mare de informatii digitale si analogice si sa comande automat functionarea secventiala a instalatiilor (nivel 1 de automatizare).

SITUATIA ACTUALA

Recent în scopul modernizarii sectorului primar, la furnalul 6 pe lânga calculatorul instalat initial, la începutul anului 1993 au mai fost instalate înca doua calculatoare de proces de tip ECAROM. In prezent se lucreaza la instalarea unui alt calculator de tip PC Hewlett Packart cu rolul de a prelua informatiile obtinute de la cele doua calculatoare ECAROM si de a realiza o prezentare cât mai completa si detaliata a functionarii furnalului.

Atributiile calculatoarelor instalate la F.6 sunt:

- culege din proces 126 de parametri, la fiecare cinci minute, calculeaza valorile medii pentru parametrii cititi si le afiseaza pe ecran, astfel ca în orice moment se poate controla cu exactitate daca apar sau nu nereguli în procesul de functionare al furnalului;
- la sfârsitul ultimului schimb dupa listarea mediilor pe zi, intervine automat cu programul grafic care traseaza evolutia în timp a 17 dintre cei mai importanti parametri ai furnalului. Aceste grafice se pot realiza la cerere în orice moment al zilei.

Al doilea tip de programe introduse pe ECAROM este reprezentat de programele la cerere care realizeaza sinteza informatiilor obtinute, precum si calculul retetelor de încarcare si a functiilor caracteristice furnalului.

De asemenea, exista un program ce reprezinta grafic variatia parametrilor pentru ziua în curs si ziua anterioara, marindu-se astfel posibilitatea stocarii informatiilor timp de 10 zile.

Pe cel de-al doilea ECAROM a fost instalat un program de control asupra sistemelor de racire a furnalului, care are urmatoarele facilitati:

- calculeaza ecarturile medii de temperatura ale apei de racire la 8 ore, respectiv 24 ore, pe serii de elementi;
- înregistreaza ecarturi medii, instantanee la intervale de 10 minute, pe care le reprezinta grafic, program grafic ce se realizeaza de asemenea automat;

» tipareste la cerere rezultatele obtinute.

La sfârsitul anului 1993 la furnalul 3 (1700 mc) a fost instalat un minicalculator SPOT-86, unde este în curs de realizare aceeasi urmarire a functionarii furnalului.

Sistemul de programe initial pentru monitorizarea parametrilor tehnologici ai furnalului va fi completat cu programul de culegere, prelucrare, corectie si protocolare a cantitatilor de materii prime încarcate în furnal, pe sorturi.

Sistemul de programe este completat cu un modul de intrari numerice tip D1-05. Sistemul cuprinde urmatoarele programe:

♦ Programul **CÂNTARIRE**, asigura culegerea datelor numerice si analogice caracteristice procesului de încarcare în furnal, memorarea, însumarea si corectarea valorilor culese si protocolarea cantitatilor încarcate în furnal pe fiecare încarcatura, schimb si zi.

♦ Programul **RETETA** preia datele introduse manual de operator de la tastatura, calculeaza si afiseaza: cantitatea de fonta si zgura pe încarcatura, consumul specific de Mn/t, de cocs si gaz metan sau abur.

PERSPECTIVA AUTOMATIZARII SI CONDUCERII FURNALULUI

Pe fluxul de fabricatie a fontei pe plan mondial, tehnica de calcul a dus la rezolvarea unei game largi de probleme, printre care:

Depozitarea si omogenizarea materiilor prime:

» gestiunea intrarilor, iesirilor si a stocurilor de materii prime pe sorturi, stive si consumatori;

» colectarea si pregatirea automata, probe de materii prime;

» analiza chimica rapida sorturi, cu transmiterea pe calculator;

» prelucrarea si protocol analize chimice pe calculator;

» calculare de retete pentru formarea stivelor de omogenizare;

» corectie sorturi prin actionare dozare instalatii de omogenizare.

Fabrica de aglomerare:

» urmarire dozare amestec sarja, cu corectie fata de valorile prestabilite prin reteta;

» evidenta parametrilor medii de functionare si a consumurilor specifice;

» reglaj automat umiditate sarja;

» functionare proces cu corectia automata a vitezei masinii de aglomerare.

Elaborarea fontei

In vederea cresterii eficientei si functionarii stabilite a furnalului este necesar sa se descopere modificarile ce apar în starea lui interna si sa se ia masuri rapide împotriva modificarilor ce pot duce la deranjamente.

In acest scop au fost îmbunatatite si dezvoltate mijloacele de masura si control pentru masurarea distributiei radiale, circulare si verticale ale variabilelor. Se efectueaza diferite masuratori noi la gura de încarcare, la gurile de vânt si în interiorul furnalului. Modul de distribuire a gazelor si solidelor la gura de încarcare defineste foarte bine situatia interna a furnalului. Profilul încarcaturii trebuie sa fie adaptat cerintelor impuse de caracteristicile încarcaturii, astfel încât sa se asigure un flux central al gazelor reductoare cu utilizarea eficienta a energiei fizice si chimice.

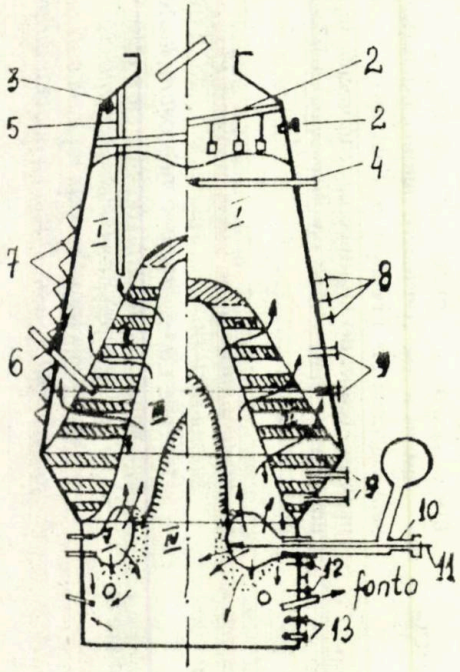
Controlul distributiei încarcaturii în furnal are un rol esential în stabilizarea mersului furnalului.

Profilele de distributie a încarcaturii la partea superioara sunt în forma de "V", "W", "M" si "U". pentru îmbunatatirea si perfectionarea încarcaturii cu ajutorul schemelor de încarcare se impune echiparea furnalelor cu senzori noi: sonde radiale, spirometru, profilmetru, determinare grosime strat. Acesti senzori vor furniza un volum foarte mare de informatii pentru modelul matematic si respectiv conducerea automatizata a furnalului. In prezent la furnalele din tara noastra, alegerea sistemului de încarcare se face de cele mai multe ori intuitiv, pe baza experientei si a unor indicatii sumare furnizate de aparatura clasica existenta.In tarile cu o siderurgie avansata, conducerea furnalelor se realizeaza cu ajutorul calculatoarelor de proces perfectionate pe baza unor modele fizico-matematice evoluate, cu introducerea si experimentarea la unele furnale a "inteligentei artificiale" prin sisteme expert.

Sistemele expert dau indicatii asupra abaterilor în curs de aparitie si cauta sa restrânga cât mai mult interpretarile gresite asupra evolutiei starii interne a acestuia, prin luarea în considerare a unui volum foarte mare de informatii cu caracter istoric.

Sistemele de conducere automata a furnalelor sunt organizate în principiu pe doua nivele de automatizare, realizând conducerea tehnologica în baza unor modele matematice, on/off line care au în vedere urmatoarele:

¤ *îmbunatatirea functionarii furnalului prin studiul distributiei gazelor prin coloana de materiale cu repartizarea încarcaturii la gura furnalului prin scheme de încarcare adecvate cu folosirea posibilitatilor oferite de aparatele moderne cu scut reglabil sau cu jgheab rotitor, astfel încât sa poata fi dirijata*



I Zona granulara (uscata)
II Zona coeziva (inmuiere -topire)
III Zona picurare
IV Zona stagnare cocs ("om mort")
V Zona de ardere

Senzori noi pentru investigarea starii interne a furnalului
New sensors for integrated steel works investigation

Denumire senzor	Destinatia	Nr. puncte masura	Metoda	Scop
Spiroterm sau camera TV in infrarosu	Temperatura suprafetei incarcaturii	Inele concentrice	Raze infrarosii	Distributie debit gaz raza cuvei
Profilmetru	Profil de încarcare	4 - 6	Greutati, suprafete sau microunde	Distributia materialelor incarcate
Senzor masurare grosime strat incarcat	Grosime strat minereu si cocs	Forma mater.	Magnetic	Distributie materiale
Sonde radiale fixe diametral opuse ± nivel incarcatura	Temp. analiza gaz raza cuvei	2 - 4 sonde 4 - 6 p.s	Termocupluri, probe gaz	Control distributie gaz
Sonda verticala	Analiza temp. pres. gaz probe mater. pe ora	Înaltime cuva	Functionare period. consumab.	Caracteristici zona coeziva
Sonda sac cocs	Prelevare probe	1	Functionare periodica	Starea partii inter. a furnalului
Termorezistenta instalatie racire	Ecart temp. apa racire	Pt. fiecare serie el.	Electrica	Observ. uzura zidarie furn.
Senzori, manta metalica	Temp. zonala blindaj	Cuva 4 x 3 Etalaj 8	Infrarosu	Control flux caldura
Prize presiune gaz generatoare cuva	Pozitia si configuratia zonei coezive	4 x 3	Manometru contrapres. Nz	Configuratie zona coeziva
Ardacol	Temperatura zona de ardere	1	Fibra sticla	Corelare zona ardere
Sonda în zona de ardere	Adâncimea zonei de ardere	1	Deplasare la masurare	Diametru zona stagnare cocs
Senzori electrici	Zidarie carbonica	4 poz. x 4 nivele	Impulsuri de potential	Evolutie uzura blocuri carbonice
Termocupluri	Temperatura zidarie carbonica creuzet si vatra	12 poz. x 4 nivele	Tensiune electrica	Supraveghere zidarie blocuri carbonice

optim circulatia gazelor prin coloana de material;

- *supravegherea starii termice, cu avertizarea pericolului de "înghetare a creuzetului" prin predictia continutului de siliciu din fonta, pe baza bilantului de materiale si energetic;*
- *stabilirea caracteristicilor zonei coezive.*

Identificarea pozitiei si formei zonei coezive cere mijloace de control noi al procesului si aparatura completa si fiabila. In acest scop trei tipuri noi de sonde dintre care una traverseaza periodic centrul furnalului si prize de presiune pe generatoarea cuvei vor furniza informatii semnificative imbunatatite pe care se bazeaza calculele configuratiei zonei coezive.

- *evaluarea corecta a uzurii captuselii refractare si chiar a elementelor de racire de la fiecare centura si examinarea blindajului în infrarosu. Aceasta determinare se realizeaza cu ajutorul senzorilor electrici înziditi în captuseala furnalului. Lungimea lor care se scurteaza o data cu eroziunea materialelor refractare se masoara prin metoda impulsurilor de potential pentru detectarea starii materialelor refractare. Informatiile prelucrate vor permite sa fie luate masuri corective pentru a reduce circulatia periferica a gazului si de a preveni supraîncalzirea locala, în scopul prelungirii campaniei de lucru.*
- *modele de optimizare a încalzirii si de functionare a cauperelor.*

In ultima perioada de timp, utilizarea tehnicii de calcul la elaborarea fontei a luat o amploare deosebita, utilizându-se un numar mare de calculatoare, toate interconectate în sisteme de calcul, capabile sa furnizeze date referitoare la desfasurarea procesului, cu posibilitati sa introduca reglajul automat în proces. Faza intermediara este de "sfatuitor" al personalului de exploatare fara comenzi direct în proces (functionare ghid- operator).

In viitorul apropiat sistemul de computer intensificat în curs de experimentare va fi de un ajutor imens prin efectuarea unui control riguros, astfel încât în permanenta sa fie asigurata o functionare stabila si prelungita a furnalului în conditii de eficienta maxima.

BIBLIOGRAFIE

[1] **Peters, R.H.** - Congresul european de la Achen D.M. nr.2,1988

[2] **Dobrovici D.** - Intensificarea proceselor din furnal. Ed. Tehnica, Bucuresti, 1983, *Dotarea cu aparatura moderna pentru masurare si control a furnalelor japoneze* - Documentare 1988

[3] **Dobrovici D.** s.a - *Modalitati si mijloace moderne de investigare a desfasurarii proceselor din furnal.* Metalurgia 11-12/1991 p.9

[4] **Ishikawa, Y.** s.a - Dispozitive sensibile recent realizate pentru furnale D.M. nr.6,1988

REVISTA REVISTELOR

Koks i himiia, *Federatia Rusa, 1993, nr.4*

- Noi solutii globale în dezvoltarea societatii si protectia mediului ambiant (din materialele conferintelor internationale pentru dezvoltarea industriei mondiale din punct de vedere ecologic), p.2

- Utilizarea lungimii profilului curbei plastometrice la caracterizarea proprietatilor carbunilor, p.9

- Calitatea carbunilor si a încarcaturilor de carbune în stare plastica si interactiunea acesteia cu prognoza calitatii cocsului, p.15

- Cauzele si legitatile aparitiei defectelor la zidaria bloc a bateriilor de cocsificare, p.19

- Prelucrarea statistica a rezultatelor experimentului privind masurarea temperaturii în canalul de încalzire - control, p.22

- Materiale prezentate în cadrul celui de-al II-lea Congres international pentru industria cocsochimica. Cocsul în in dustria S.U.A.: investitiile si capacitatile necesare în anii '90, p.25

- Perspectivele progresului tehnic în industria cocsochimica a Japoniei, p.26

- Experienta exploatarii bateriei de cocsificare cu batatorirea încarcaturii la uzina firmei Tata Steel, India, p.29

- Influenta adaosurilor mineralelor în încarcaturile de carbune asupra proprietatilor cocsului de furnal. p.31

- Schema prelucrarii gazului de cocserie, care asigura functionarea bateriilor de cocsificare dupa o tehnologie fara evacuarea apelor reziduale, p. 32

- Desulfurarea gazului de cocserie în procesul Topsoc, p.33

- Micsorarea poluarii mediului înconjurator; realizarile specialistilor europeni în cocsochimie, p.42

- Eploatarea sistemului Kress la uzina cocsochimica Sparrows Point, p.45

- Introducerea controlului automat al continutului de cenusa din încarcatura de carbune, p.36

POSIBILITATI DE MARIRE A DURABILITATII CAPTUSELII REFRACTARE A CONVERTIZOARELOR LD SI DE REDUCERE A CONSUMULUI DE VAR

Dr.ing. Viorel Munteanu , ing. Mariana Ivan, ing. Aristide Chiosa - S. C. ICPPAM S. A. Galati

ing. Dan Zorlescu, ing. Gheorghe Sofron - C. S. "SIDEX" S. A. Galati

C.Z.: 666.76

Procedeul LD de elaborare a otelului a necesitat si studierea problemei atingerii unor indicatori maximi ai rezistentei captuselilor refractare ale convertizoarelor. De durabilitatea captuselii refractare depind: disponibilitatea capacitatii de productie, pretul de cost al otelului si evolutia procesului de afinare in convertizor.

Principalele cauze ale uzurii zidariei refractare a convertizoarelor LD sunt: abraziunea mecanica, socul termic si atacul chimic, urmare a conditiilor practice de exploatare a convertizoarelor (compozitia chimica si temperatura fontei lichide si a otelului elaborat); evolutia compozitiei chimice a zgurii, temperatura, viscozitatea si cantitatea de zgura formata; durata stationarii intre doua sarje consecutive; marimea bucatilor de fier vechi, socul termic si mecanic transmis zidariei convertizorului la incarcare.

Uzura chimica este provocata de interactiunea oxizilor din zgura cu componentii materialelor refractare utilizate pentru captusire. In cazul folosirii refractarelor ieftine, pe baza de dolomita, la inceputul insuflarii cu oxigen a sarjei de convertizor se observa o oarecare imbogatire a zgurii cu oxid de magneziu ca rezultat al dizolvarii captuselii refractare.

Pentru a diminua efectul nefavorabil al zgurii asupra zidariei convertizorului, se adauga oxid de magneziu prin calcarul dolomitic, la limita de solubilitate a oxidului de magneziu in zgura. Prezenta oxidului de magneziu in zgura LD va scadea temperatura de topire a zgurii si, in acest caz, crescând viscozitatea, se reduce viteza de difuzie a acesteia in porii materialului refractar ca si in rosturile dintre caramizi.

De asemenea, se formeaza un strat de protectie prin aderenta resturilor de zgura heterogene la peretii convertizorului.

S-a calculat cantitatea de dolomita ce trebuie introdusa in convertizor, la un procent de 6 - 7% MgO in zgura.

Din datele practice, rezulta o cantitate de 20t de zgura/sarja.

Cantitatea de oxid de magneziu necesara unei sarje are valori cuprinse între 1,2 ÷ 1,4t MgO/sarja.

Cantitatea de calcar dolomitic ce trebuie adaugata la o sarja se determina tinând seama de compozitia dolomitei brute (tabelul 1) si a dolomitei calcinate.

Din tabel reiese un continut mediu de MgO al dolomitei brute de 20,56%.

In experimentarile industriale, s-a folosit dolomita bruta în proportie de 70%, restul fiind dolomita calcinata.

Facând o medie a continutului de oxid de magneziu din dolomita calcinata, se ajunge la valoarea de 37,66% MgO.

Continutul de oxid de magneziu din cele doua tipuri de dolomita (bruta si calcinata), tinând seama de proportia în care se introduc în convertizor, reprezinta:

$$37,67 \times 0,3 + 20,57 \times 0,7 = 25,7\% \text{ MgO}$$

cantitatea de dolomita rezultata din calcul necesara unei sarje este cuprinsa între valorile 4,7 ÷ 5,5t dolomita/sarja.

Din fisa sarjei s-a calculat cantitatea medie de otel elaborat, obtinându-se o valoare de 166 t.

Tabelul 1

Compozitia chimica a dolomitei brute
Raw dolomite chemical analysis

Nr. crt.	Data	CaO, %	MgO, %	Al_2O_3, %	SiO_2, %	P.C.	MgO*, %
1	11.10.1993	30,62	20,51	0.54	0,71	44,94	37,25
2	13.10.1993	30,97	20,75	0.32	0,43	45,10	37,78
3	17.10.1993	30,62	20,50	0.35	0.85	45.80	37.82
4	18.10.1993	30,62	20.50	0.35	0.85	45.80	37.82

MgO* - continutul de magneziu din dolomita calcinata

Tabelul 2

Cantitatea de var dizlocuita de dolomita
Lime quantity replaced by dolomite

Nr. crt.	Continutul de CaO din var, %	Cantitatea de dolomita, t									
		1,0	1,5	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0	4,5	5,0	5.5
		Cantitatea de var dizlocuita din dolomita, t									
1	71	0,432	0,649	0,865	1,081	1,297	1,513	1,721	1,946	2,162	2,378
2	73	0,421	0,631	0,841	1,051	1,262	1,472	1.,682	1,892	2,103	2,313
3	75	0,409	0,614	0,819	1,023	1,228	1,433	1,637	1,842	2,046	2,251
4	77	0,399	0,598	0,797	0,997	1,196	1,395	1,595	1,794	1,994	2,193
5	79	0,389	0,583	0,777	0,972	1,166	1,360	1,554	1,749	1,943	2,137
6	81	0,379	0,569	0,758	0,948	1,137	1,327	1,516	1,706	1,895	2,085
7	83	0,370	0,555	0,740	0,925	1,110	1,295	1,480	1,664	1,849	2,034
8	85	0,361	0,542	0,722	0,903	1,084	1,264	1,445	1,625	1,806	1,986
9	87	0,353	0,529	0,705	0,882	1,059	1,235	1,411	1,587	1,764	1,941
10	89	0,345	0,517	0,690	0,862	1,035	1,207	1,380	1,552	1,725	1,897
11	91	0,337	0,506	0,675	0,843	1,012	1,181	1,349	1,518	1,687	1,855
12	93	0,330	0,495	0,660	0,825	0,990	1,155	1,320	1,485	1,651	1,816

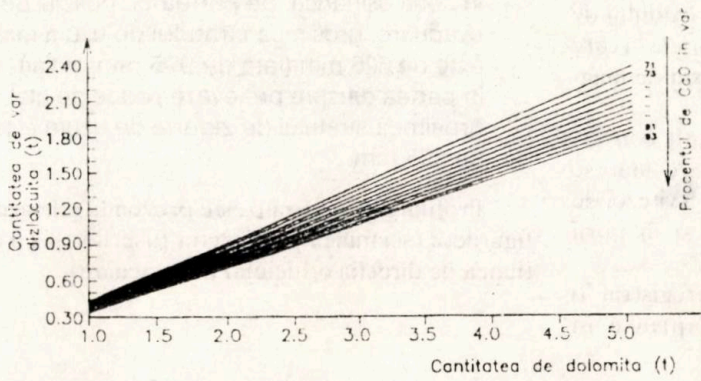


Fig. 1
Cantitatea de var dizlocuita in functie de cantitatea de dolomita si procentul de CaO din var
Replaced lime quantity depending on dolomite quantity and CaO procentage in lime

Din calculul consumului specific de calcar dolomitic, la o cantitate medie de otel elaborat de 166t rezulta valori cuprinse intre 28 ÷ 33 kg dolomita/t otel, la un continut de 6 ÷ 7% MgO in zgura.

S-a experimentat la OLD1, pe o campanie, introducerea in incarcatura convertizorului a dolomitei, pentru marirea durabilitatii zidariei refractare a acestuia, concretizata prin cresterea numarului de sarje pe campanie.

Din analiza evolutiei durabilitatii captuselii refractare a convertizorului in functie de bazicitatea zgurii, se observa o crestere a durabilitatii pentru bazicitati mari.

Se adauga oxid de magneziu prin calcarul dolomitic, la limita de solubilitate a MgO in zgura.

S-a introdus in convertizor dolomita bruta in proportie de 70% din totalul de dolomita utilizata, restul reprezentând dolomita calcinata.

Dolomita introdusa în convertizor, în procesul de elaborare a otelului, aduce, în afara de oxid de magneziu si o cantitate de oxid de calciu; în aceasta situatie este necesar sa se reduca corespunzator cantitatea de var.

Pentru valorile continutului de oxid de calciu rezultate în urma analizelor de laborator s-a calculat cantitatea de var dizlocuita prin adaosul de dolomita (tabel 2 si fig.1).

In timpul experimentarilor s-au înregistrat:

- *greutatea încarcaturii metalice;*
- *cantitatile de dolomita si de var si modul de administrare;*
- *regimul de insuflare a oxigenului;*
- *compozitia chimica si temperatura otelului lichid la sfârsit de insuflare, respectiv înainte de evacuare;*
- *durata stationarii între sarje;*
- *durata stationarii baii metalice în convertizor;*
- *analiza chimica a zgurii finale rezultate din procesul de elaborare.*

In tabelul 3 este prezentata durabilitatea convertizorului, exprimata prin numarul de sarje elaborate pe campanie.

Se observa ca numarul maxim de sarje elaborate într-o campanie fara adaos de dolomita a fost de 273. Prin adaugarea dolomitei, numarul acestora a crescut la 332 de sarje pe campanie, ceea ce reprezinta o crestere a durabilitatii cu 21,6%.

In cazul folosirii dolomitei în proportie de 24 ÷ 30 kg/t otel s- au obtinut concentratii ale oxidului de magneziu în zgura, de 3,82 ÷ 6,82%. La sarjele la care nu s-a adaugat dolomita, continutul de oxid de magneziu în zgura a fost de 2,14 ÷ 3,11%.

Influenta negativa asupra durabilitatii convertizorului o au temperaturile ridicate care maresc fluiditatea zgurii, determinând o crestere a vitezei de difuzie a acesteia în rosturile zidariei si în porii materialului refractar.

In timpul experimentarilor, s-a înregistrat o proportie de 10,12% temperaturi cuprinse în domeniul 1695 ÷ 1700^{0}C si de 22,08% temperaturi ce depasesc 1700^{0}C.

Durata mare de stationare a baii metalice în convertizor, deci o actiune mai îndelungata a zgurii asupra zidariei refractare, are efect nefavorabil. În timpul experimentarilor frecventa stationarilor mai mari de o ora a fost de 8,5%.

Dupa terminarea campaniei, zidaria de uzura se prezinta astfel:

În sectiunea pe directia fusurilor (fig.2):

- *la partea tronconica si cilindrica pâna în zona fusurilor (rândul 42), pe o latime de 500 mm zidaria de uzura s-a distrus în totalitate, ajungând la stratul de durata;*
- *din zona fusurilor pâna la calota sferica (rândul 5) grosimea stratului de uzura a ramas de 500 ÷ 600 mm (din 975 mm cât a fost initial), iar grosimea zidariei fundului de 600 ÷ 650 mm (din 825 mm cât a fost initial).*

De mentionat ca, la înzidirea convertizorului, înainte de începerea campaniei experimentale, s-a pastrat zidaria de uzura a fundului convertizorului de la campania anterioara (aproximativ 500 mm), peste care s-a zidit un alt strat de blocuri dolomitice, cu grosimea de 325 mm.

In sectiunea pe directia orificiului de evacuare (fig.3):

- în zona tronconica, în partea dinspre prelevare probe otel, grosimea stratului de uzura ramas este de 200 mm (fata de 600 mm initial) iar în partea orificiului de evacuare a otelului este de 300 mm.
- în zona cilindrica, pe partea cu orificiul de evacuare, grosimea stratului de uzura ramas este de 625 mm (fata de 975 mm, initial), iar în partea dinspre prelevare probe de otel, grosimea stratului de zidarie de uzura este de 525 mm.

Profilul zidariei uzate este prezentat schematic în figurile 2 (sectiunea pe directia fusurilor) si 3 (sectiunea pe directia orificiului de evacuare).

Tabelul 3

Durabilitatea convertizorului 2 de la OLDI
BOF - 1 plant converter - 2 service life

Campania	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Nr. sarje	222	268	248	273	254	263	257	235	332
Durata campaniei	04.02'93 22.09'93	04.03'93 01.04'93	06.04'93 27.04'93	03.05'93 30.05'93	06.06'93 06.07'93	11.07'93 03.08'93	09.08'93 04.09'93	10.09'93 30.09'93	07.10'93 03.11'93

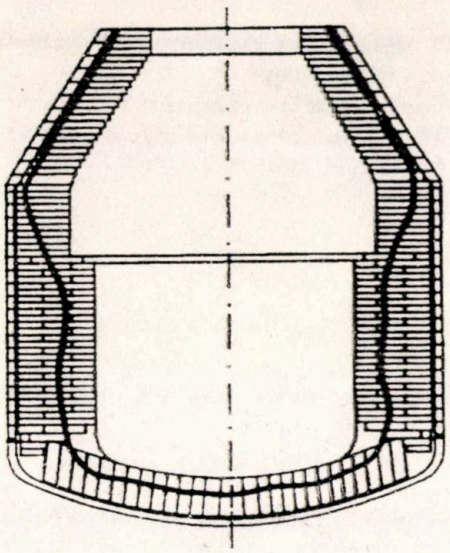


Fig. 2

Profilul uzurii convertizorului pe directia fusului
Converter wear profile on axle direction

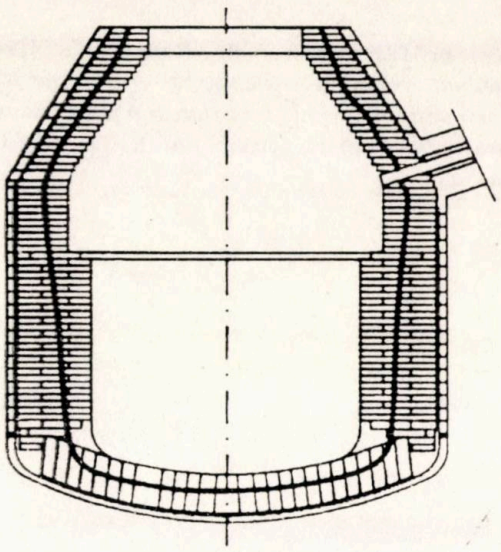


Fig. 3

Profilul uzurii convertizorului pe directia orificiului de evacuare
Converter wear profile on tap hole direction

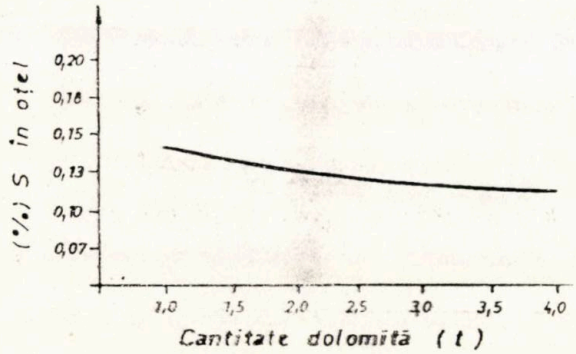


Fig. 4

Dependenta între continutul rezidual de sulf în otel si cantitatea de dolomita administrata
Residual steel sulphur content influence on dolomite quantity used

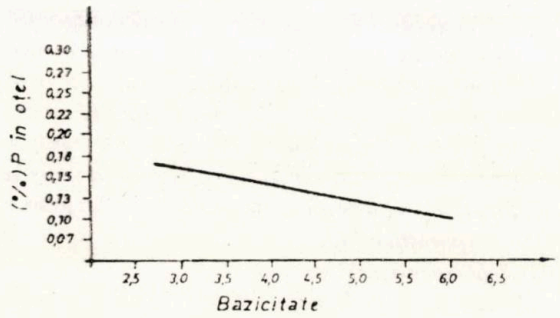


Fig. 5

Dependenta între continutul rezidual de fosfor si bazicitatea zgurii finale
Residual phosphorus content influence on final slag basicity

Concluzii

Din analiza experimentarilor efectuate pe durata unei campanii la convertizorul nr.2 - OLD1, în urma adaosului de dolomita (cca.30kg/t otel) în convertizor, s-au constat urmatoarele:

1. Durabilitatea zidariei, concretizata prin numarul de sarje pe campanie, a crescut cu 21,6%.
2. Prin utilizarea dolomitei, a crescut continutul de MgO din zgura si, respectiv, bazicitatea zgurii finale.

Aceasta crestere a bazicitatii a influentat favorabil desulfurarea si defosfarea (fig.2 si fig.3).

3. S-a realizat o reducere a consumului de var cu aproximativ 37,7%.
4. Prin adaugarea de dolomita se estimeaza reducerea costurilor pe campanie cu aproximativ 16000 lei.

BIBLIOGRAFIE

[1] **Solacolu S., Paul, F:** Chimia fizica a solidelor silicatice si oxidice. Ed.Dacia, Cluj - Napoca, 1984
[2] **Becherescu D., Cristea V., Menessy I., Winter F.:** Chimia starii solide, vol.2 Ed.st. si enciclopedica, Bucuresti, 1987

[3] **Fiege L., Schröer H., Resch W.:** *Marirea durabilitatii captuselii refractare la convertizoarele LD prin folosirea dolomitei arsa slab si a unui sistem de torcretare preventiva.* In: Stahl und Eisen, nr.6, Germania, 1983

[4]***** Aplicabilitatea dinamicii moleculare in analiaza zgurii de afinare

[5]***** *Echilibre de oxidoreducere in zguri de* Al_2O_3-CaO-FeOx-SiO_2 si Al_2O_3-CaO-FeOx-MgO-SiO_2. In: ISIJ, INTERNATIONAL, Vol.33

REVISTA REVISTELOR

STAL, *Federatia Rusa, 1993, nr.8*

- *Problemele asigurarii cu feroaliaje a industriei Federatiei Ruse, p.1*
- *Evolutia dispozitivelor de incarcare a furnalelor, p.5*
- *Regimurile gazodinamice ale elaborarii in furnal utilizând suflarea combinata, p.12*
- *Imbunatatirea tehnologiei de aliere a otelului de convertizor 08 In, p.16*
- *Principii fundamentale ale tehnologiei rationale de defosforare a otelului în afara cuptorului, p.19*
- *Desulfurarea otelului în oala cu amestec de afinare, p.23*
- *Imbunatatirea calitatii otelului de convertizor 09G2S prin afinarea în oala cu un prealiaj lichid, p.24*
- *Desulfurarea fontei cu magneziu granulat, p.25*
- *Eficienta utilizarii sârmei din pulberi la tratamentul otelului în oala pentru turnarea acestuia, p.29*
- *Utilizarea lancilor imersate cu garnitura poroasa pentru suflarea otelului lichid, p.31*
- *Instalatie pentru introducerea sârmei din pulberi, p.33*
- *Comparatia tehnica si economica a diferitelor procedee de introducere a oxigenului si materialelor solide în cuptoarele electrice cu arc, p.34*
- *Studierea modificarii compozitiei cromospinelului natural la elaborarea ferocromului cu continut ridicat de carbon în cuptoarele electrice pentru reducerea minereului, p.37*
- *Perfectionarea elaborarii otelului pentru dinamuri pe baza noilor sisteme de comanda automatizata, p.42*
- *Perfectionarea regimului de laminare a benzilor laminate la cald pe laminorul 2000, p.45*
- *Imbunatatirea geometriei tablelor laminate la rece, p.48*
- *Stabilitatea tehnologiei de laminare la rece a benzilor, p.52*
- *Cresterea rezistentei la uzura a cilindrilor de laminor din fonta prin metoda deformarii plastice, p.55*
- *Emulsii lubrifiante tehnologice pentru tragerea pe dorn scurt a tevilor din otel de precizie, p.56*
- *Prelucrarea capetelor frontale ale tevilor cu freze deget, p.58*
- *Controlul prin inductie electrica a ecruisarii otelurilor calibrate, p.62*
- *Recoacerea tablelor laminate la cald, în atmosfera cu azot cu adaos de gaze naturale, p.63*
- *Alegerea regimurilor de calire în cadrul noilor procedee de elaborare a aliajelor HN56MB In D, p.68*
- *Efectul micsorarii temperaturii de recoacere a tevilor deformate la rece din otel tip H18N10T, p.72*
- *Imbunatatirea regimurilor de recoacere continua a otelurilor anizotropice electrotehnice, p.73*
- *Elaborarea otelurilor anizotropice electrotehnice cu utilizarea procedeelor combinate de turnare si de laminare, p.78*
- *Pasi pe calea investitiilor - evaluarea si auditarea întreprinderilor metalurgice, p.80*
- *Intocmirea pe calculator a programului de productie si optimizarea materiilor prime la elaborarea otelului, p.82*
- *Utilaje pentru organizarea colectarii si utilizarii deseurilor proprii de metal, p.86*
- *Eficienta depunerii de praf în elementele de evacuare a gazelor la masinile de aglomerare, p.88*
- *Expozitia internationala "Protectie - '93", p.93*

CONSIDERATII PRIVIND LAMINAREA SI CALIBRAREA CILINDRILOR PENTRU PROFILE CORNIER ÎN GAMA MIJLOCIE

Doctorand Petrus Gaspar, S. C. Laminorul S.A. Focsani

C.Z.:621.771

GENERALITATI

Prezentul articol îsi propune a împartasi din experienta acumulata de autor în calibrarea si asimilarea profilelor cornier pe un laminor de profile mijlocii de tip semicontinuu, laminor prezentat schematic în figura 1.

Asa cum se observa laminorul este compus în principal din 6 caje:

- *doua caje degrosisoare duo-reversibile;*
- *o caja intermediara - ireversibila;*
- *un grup finisor compus din trei caje duo-ireversibile.*

Pe cajele 1 si 2 se realizeaza de regula cinci treceri si respectiv trei treceri iar pe celelalte câte o trecere.

Grupa de laminate cornier cu aripi egale

Conditiile tehnice de laminare si livrarea profilelor cornier cu aripi egale sunt reglementate de STAS 424-912 si DIN 1028.

A. Metoda laminarii cu aripi drepte în calibre închise (fig.2 a)

Este cea mai veche metoda de laminare a otelului cornier si se bazeaza pe modificarea simultana a unghiului de deschidere a profilului. In general acest lucru se realizeaza proportional cu coeficientul de reducere pe grosimea aripii.

Nu se mai foloseste pentru ca prezinta mari dezavantaje :

- *adâncime mare a calibrelor în cilindri;*
- *diferenta între vitezele periferice ale cilindrilor pe sectiunea calibrului mareste frecarea între laminat si cilindri;*
- *utilizarea de reduceri mici, deci cresterea numarului de treceri.*

B. Metoda laminarii cu aripi desfasurate în calibre închise (fig.2 b)

La aceasta metoda toate dezavantajele metodei A sunt anihilate, iar în plus precizia dimensionala este mult mai buna.

C. Metoda laminarii otelului cornier în calibre deschise cu latire libera (fig.2 c)

Avantajele acestei metode:

- *marirea coeficientului de deformare;*
- *parc redus de cilindri deoarece pe acelasi calibru se pot lamina mai multe dimensiuni de cornier;*
- *reconditionarea mai simpla si mai ieftina a cilindrilor;*
- *înlaturarea pericolului de a apare bavuri.*

Dezavantaje:

- *reglare dificila a laminatului;*
- *marirea numarului de treceri prin utilizarea calibrelor de control.*

Acest tip de calibru trebuie utilizat numai în anumite cazuri bine definite:

- *laminoare continui unde fiecare caja înseamna o trecere si care au în flux caje verticale;*
- *laminoare de viteze relativ mari si cu procesul de laminare automatizat si mecanizat pentru a asigura o temperatura de laminare optima pe fiecare trecere;*
- *cilindrii folositi sa fie de buna calitate.*

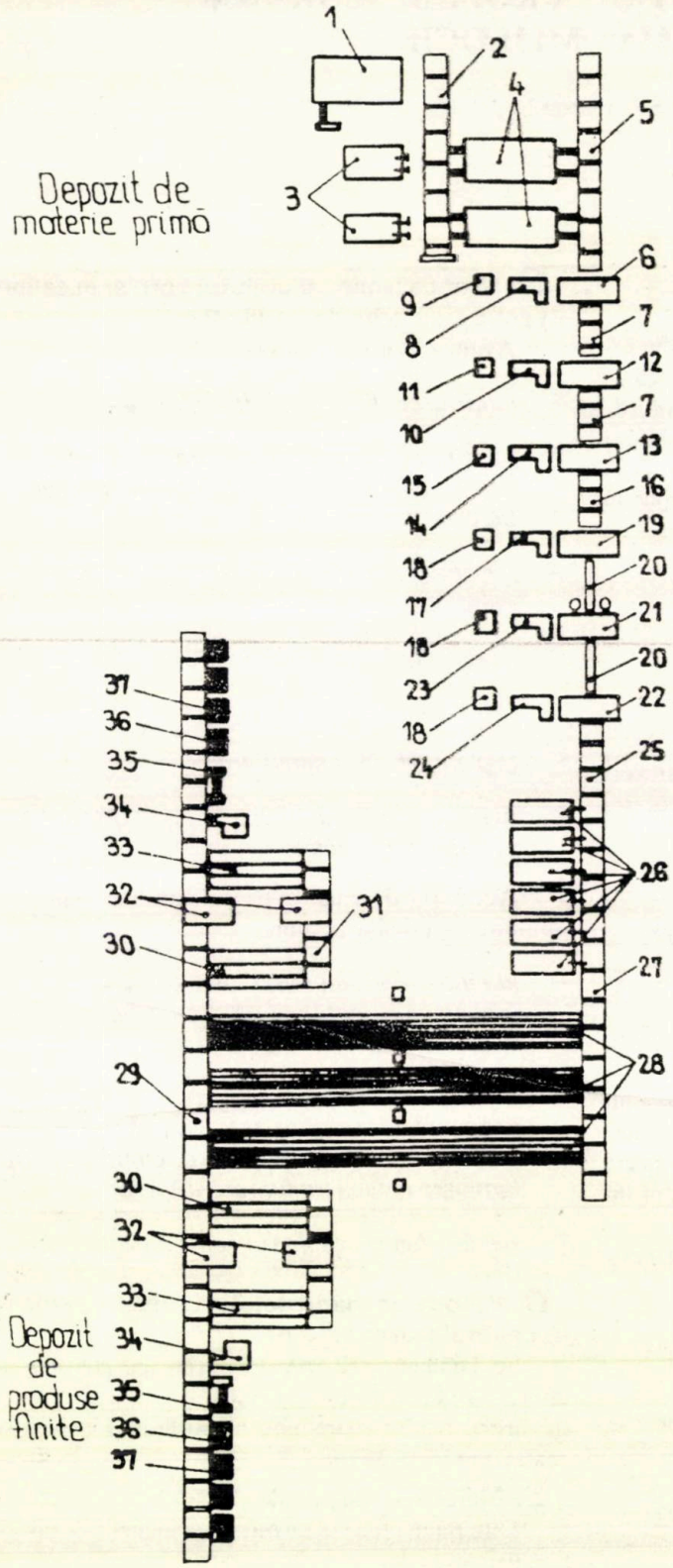
D. Metoda laminarii otelului cornier cu îndoire în calibrul finisor (fig.2 d)

Se lamineaza cu treceri putine cu consum de energie redus dar acest sistem este greu de aplicat deoarece dirijarea laminatului în ultimul calibru se realizeaza foarte greoi.

E. Metoda în diagonala (fig.2 e)

Este putin utilizata având ca principale dezavantaje urmatoarele:

- *o adâncime mare a calibrelor în cilindri la primele treceri;*
- *marirea coeficientului total de deformare în calibrele fasonate;*



1. Destivuitor
2. Cale cu role alimentare
3. Masini duble de împins 2 x 80 t/f
4. Cuptoare cu propulsie 70 t/h
5. Cale cu role de evacuare de la cuptor
6. Caja 1 (duo orizontala ϕ 650 x 1700 mm)
7. Cale cu role
8. Caja de angrenaj la K1
9. Motor actionare principala N = 2500 kW
n = 0 ÷ 70 ÷ 140 rot/min
10. Caja de angrenaj la K2
11. Motor actionare principala N = 2500 kW
n = 0 ÷ 70 ÷ 140 rot/min
12. Caja 2 (duo orizontala ϕ 600 x 1700 mm)
13. Caja 3 (duo orizontala ϕ 550 x 1000 mm)
14. Caja de angrenaj la K3
15. Motor actionare principala N = 1500 kW, n = 250 ÷ 500 rot/min
16. Cale cu role de transport la caja 4
17. Reductor si caja de angrenare la K4
18. Motoare actionari principale la K4, 5, 6
n = 1100kW; n = 520 ÷ 1400 rot/min
19. Caja 4 duo orizontala ϕ 480 x 900 mm
20. Jgheaburi de ghidare între K4, 5 si 6
21. Caja 5 duo orizontala si duo verticala ϕ 480 x 900mm
22. Caja 6 duo orizontala ϕ 480 x 900mm
23. Reductor si caja de angrenare la K5
24. Reductor si caja de angrenare la K6
25. Cale cu role dupa caja 6
26. Ferastrau de debitat la cald
27. Cale cu role de transport laminate
28. Paturi de racire
29. Cale cu role de evacuat laminate
30. Transportor alimentare
31. Cale cu role alimentare masina de îndreptat nr. 1
32. Masina de îndreptat
33. Transportor evacuare
34. Ferastrau la rece
35. Opritor mobil
36. Dispozitiv de pachetare
37. Buzunar colector

Fig. 1

Amplasarea principalelor utilaje în flux la laminorul de profile mijlocii
Arrangement of in line equipments of a medium size section mill

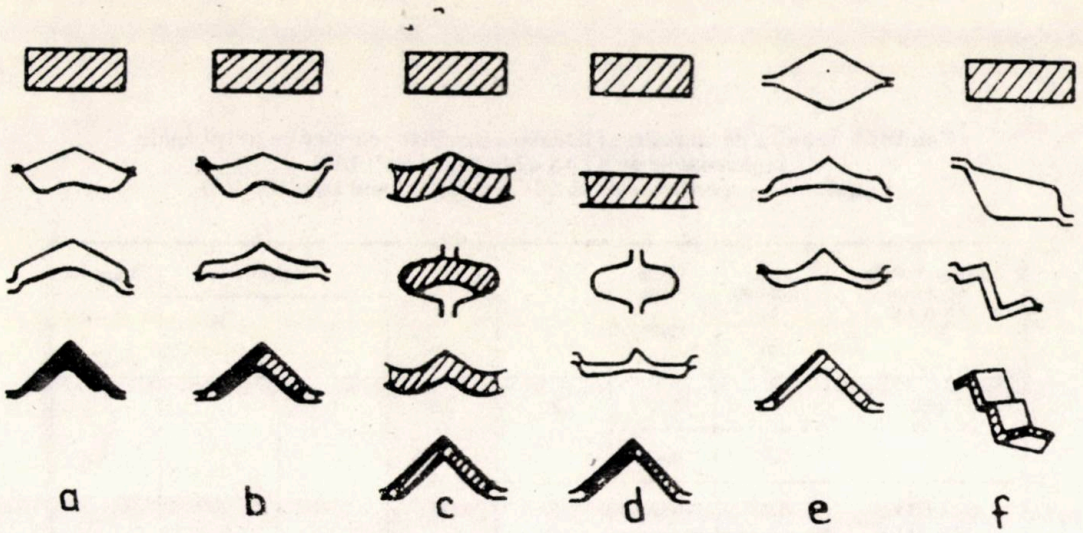


Fig. 2

Principalele scheme de calibrare a profilului cornier
The main grooving diagrams for angle shapes

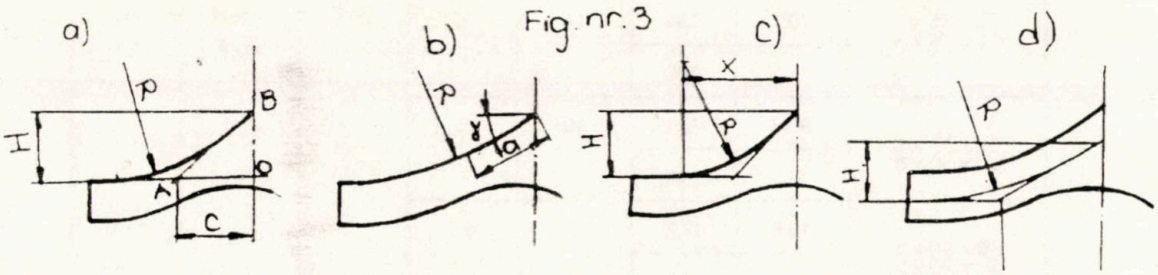


Fig. 3

Principalele metode utilizate la desfasurarea aripilor pentru calibrul finisor conventional
The main methods used to develop the wings for a conventional finishing groove

- *dirijarea dificila a semifabricatului pe muchie.*

Ca avantaje ale metodei se pot enumera:

- *utilizarea pentru obtinerea profilului a unui semifabricat de dimensiuni mai mici;*
- *reducerea posibilitatii formarii de defecte datorita tunderului imprimat.*

F. Metoda obtinerii otelului cornier prin taierea in calibrul finisor a profilului in forma de Z (fig.2 f)

Prezinta un mare avantaj in sensul ca, practic, aproape se dubleaza productivitatea dar si un mare dezavantaj legat de faptul ca exista posibilitatea aparitiei de bavuri la operatia de taiere longitudinala a laminatului.

Cele mai raspândite sisteme de laminare folosite sunt cele cu aripi desfasurate, sisteme ce au fost cercetate si gândite de **N.M.Sternov, B.V.Merekin, Ross Beynon, B.P.Bahtinov** si altii.

Exista mai multe contructii geometrice utilizate la desfasurarea aripilor drepte in cele curbe.

Acestea sunt prezentate in figura 3.

In figura 3, a desfasurarea aripilor are drept baza modificarea raportului H si C in triunghiul ABD. Unghiul deschiderii aripilor constituie in acest caz marimea derivata din dimensiunea H.

In figura 3, b modificarea înaltimii calibrului se reglementeaza prin sistemul de modificare a unghiului α si a lungimii sectorului drept.

In figura 3, c se modifica unghiul de deschidere al aripilor prin modificarea înaltimii H la absisa (X) a centrului circumferintei de raza R.

Metoda a IV-a conform figurii 3, d se reduce de fapt la metoda indicata pe figura 3, a si difera de aceasta numai prin aceea ca dimensiunile sunt raportate nu la muchia superioara a profilului, ci la linia de mijloc a aripilor.

Rezultate bune la laminare pot fi obtinute la diferite metode de desfasurare a aripilor, numai in cazul in care este corect calculata lungimea aripilor.si

Tabelul 1

Conditiile tehnice de laminare si livrare a profilelor cornier cu aripi egale reglementate de STAS 424 - 912 si DIN 1028
Equal angles specifications in STAS 424 - 912 and DIN 1028(*)

Dimensiunile sectiunii a x a x g, mm	Aria sectiunii S, cm^2	Masa liniara, kg/m	r	r1	Tolerante		Observatii
					a	g	
50 x 50 x 5 50 x 50 x 6	4,8	3,77	7	3,5			
	5,09	4,47					
60 x 60 x 5 60 x 60 x 6	5,82	4,57	8	4			
	6,91	5,42					
*65 x 65 x 7	8,7	6,83	9	4,5			
70 x 70 x 7 70 x 70 x 8	9,4	7,38	9	4,5			
	10,6	8,36					
75 x 75 x 7 *75 x 75 x 8	10,1	7,94	10	5	+ 1 - 2	+ 0,4 - 0,8	
	11,5	9,03					
80 x 80 x 6 80 x 80 x 8	9,35	7,36	10	5			
	12,3	9,63					
90 x 90 x 8 90 x 90 x 9 90 x 90 x 10	13,9	10,9	11	5,5			
	15,5	12,2					
	17,1	13,4					
100 x 100 x 8 100 x 100 x 10	15,5	12,2	12	6	+ 1,5 - 2,5	+ 0,5 - 1	
	19,2	15					
* 110 x 110 x 10	21,2	16,6	12	6			
120 x 120 x 10 120 x 120 x 12	23,2	18,2	13	6,5			
120 x 120 x 10 120 x 120 x 12	27,5	21,6					
130 x 130 x 12	30	23,6	14	7			

* Sunt numai în DIN 1028

sunt respectate regulile de baza în calibrare. De asemenea o mare importanta o are alegerea înaltimii calibrului. O data cu cresterea înaltimii calibrului creste stabilitatea profilului si scade posibilitatea deplasarii unghiului la dirijarea în calibrul urmator. In general la calibrare si în particular la calibrarea cilindrilor pentru profile cornier alegerea metodei de calibrare si a schemei de calibrare trebuie sa porneasca în principal de la:

- *studiul pietei,în sensul de a se cunoaste în linii mari cantitatea lunara sau anuala ce se lamineaza din sortimentul respectiv;*
- *caracteristicile tehnice ale principalelor utilaje de laminare;*
- *calitatea fortei de munca ce trebuie sa transpuna în practica tehnologia gândita;*

- *evitarea sau atenuarea efectelor locurilor înguste existente.*

In general asimilarea de noi profile se face cu cheltuieli foarte mari, iar laminarea de proba trebuie sa duca din start la cele mai bune rezultate pentru a evita alte experimentari si implicit noi cheltuieli.

Aplicarea principiilor stipulate anterior a dus nu numai la îmbunatatirea gamei de corniere mijlocii ce se lamina la S.C. Laminorul S.A., ci si la extinderea ei atât în gama profilelor mari (pâna la cornier cu aripi egale de 130 x 130 x 9 mm) cât si în gama profilelor usoare (pâna la cornier de 50 x 50 x 5 mm). Acest lucru a putut fi realizat prin exploatarea corecta a caracteristicilor utilajelor de laminare, încarcarea diferentiata a motoarelor functie de dimensiunea cornierului laminat si dimensionarea cât mai exacta a calibrelor intermediare deoarece lipsa cajelor verticale nu permite un control optim al lungimii aripilor. In acest sens s-a tinut seama de studierea unei scheme de laminare în calibrele degrosisoare care sa asigure o priza cât mai exacta la intrarea în primul calibru de spintecare, si ajutarea stabilitatii profilului cu un sistem adecvat de armaturi. In acest caz s-a considerat ca în general o schema adecvata pentru tipul de laminor de profile mijlocii de la S.C. Laminorul S.A. este cea prezentata în figura 4.

Tipul de caje degrosisoare cu viteze mici si cu rasturnatoare hidraulice a impus ca optim sistemul de calibrare cutie cu posibilitati de control al latimii semilaminatului înainte de spintecare. Calibrele închise adoptate permit laminarea limitata a unor dimensiuni de corniere pe aceleasi garnituri de cilindri. O mare importanta o are alegerea semifabricatului optim de laminare cu efecte în productivitatea orara si în consumuri reduse.

Regulile de baza ale calibrarii presupun câteva etape obligatorii cum ar fi:

- *stabilirea dimensiunilor la cald ale cornierului finit;*
- *stabilirea calibrului finisor conventional;*
- *stabilirea numarului de treceri;*
- *stabilirea metodei de desfasurare a aripilor;*
- *stabilirea liniei neutre a calibrelor.*

Dupa stabilirea coeficientilor de deformare totala si apoi partiala, se calculeaza reducerile semilaminatului pe fiecare trecere, cu efect direct în calcularea grosimii laminatului, pornind de la grosimea laminatului la cald în calibrul finisor. In general, pe trecerile degrosisoare s-au aplicat coeficienti între 1,65 si 1,5 iar în trecerile intermediare coeficienti între 1,37 si 1,25 cu tendinta de descrestere spre trecerea finisoare. In functie de dimensiune pentru o mai buna protectie a cilindrilor s-au adoptat, în calibrul finisor, coeficienti cuprinsi între 1,08 si 1,2. In acest caz reducerile au variat între 1 si 25 mm functie de numarul trecerii. Pentru alegerea dimensiunilor lui Δh se va avea în vedere respectarea conditiei:

$$\Delta h_{max} = \Delta l \left(1 - \frac{1}{\sqrt{1 + \mu^2}}\right)$$

unde: Δl = diametru de lucru; μ = coeficient de frecare.

Determinarea înaltimii calibrelor s-a facut functie de semifabricatul priza, de grosimea finala a cornierului si de reducerea Δh.

Un rol foarte important la laminarea otelului cornier dupa alegerea optima a înaltimii calibrului îl are alegerea latimii Δh.

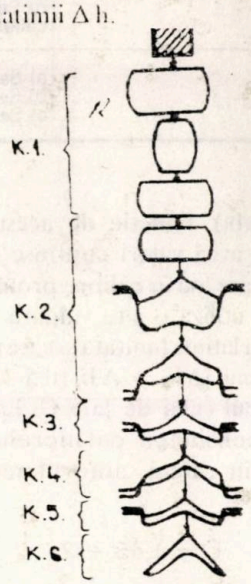


Fig. 4

Schema generala de laminare pentru profile cornier pe laminorul de profile mijlocii
Rolling diagram for angle shapes made on medium size roll mill

Se stie ca în general latimea este un element de baza al laminarii iar valorile sale pot varia functie de mai multi factori printre care: reducerea, raza de lucru, coeficientul de frecare, înaltimea semifabricatului la intrarea în calibru etc.

Calculul latimii pentru calibrele profilate de cornier are multe particularitati. Cercetari experimentale realizate în special de **Cekmarev, Bahtinov, Sternov** si altii au stabilit ca la înclinarea peretilor calibrului latimea libera a liniilor de mijloc a aripilor poate sa aiba valori diferite de latimea libera pe table neteda.

Aceste valori nu pot fi de neglijat în conditiile în care laminarea, în caz concret pe laminorul de profile mijlocii de la S.C. Laminorul S.A., are loc cu latimi succesive fara a avea posibilitati de control. Marimea unghiului dintre aripi influenteaza direct latimea libera iar acest fenomen este complex. In acest caz este benefica ajustarea calculelor latimii cu un coeficient C care tine seama de marimea unghiului dintre

Defectul profilului	Mod de remediere
Lungimea insuficienta a aripilor	a) Se mareste latimea calibrului de control sau a calibrelor în care se constata o latire insuficienta. b) Se va mari latimea tuturor calibrelor c) Se micsoreaza razele de rotunjire la capetele aripilor d) Se revad coeficientii de deformare
Lungime mare a aripilor	Se vor lua masuri opuse celor de la punctul nr. 1
Neumpierea unghiului calibrului	a) Se mareste grosimea semifabricatului priza b) Se adopta un semifabricat ce are o îngrosare pe mijloc
Bavuri la capetele aripilor	a) Se micsoreaza reducerea în calibrul finisor b) Se micsoreaza latimea calibrului prefinisor
Executia incorecta a capetelor aripilor	a) Se mareste reducerea în calibrele deschise sus, în timp ce aceasta se micsoreaza în calibrele deschise jos b) Se maresc razele de rotunjire în calibrele deschise în sus si se micsoreaza cele din calibrele deschise în jos
Suprapunere	a) Se micsoreaza reducerea în calibrul în care se constata suprapunerea b) Se micsoreaza latimea semifabricatului ce intra în calibrul cu suprapunere c) Se mareste raza de rotunjire în calibrul de dinaintea celui care se supraumple

aripi($\Delta b_s = c\Delta b_l$). Functie de acest unghi, acest coeficient poate avea valori cuprinse între 1 si 2,2. Daca laminarea are loc în calibre profilate închise se recomanda a se utiliza o alta valoare a latimii care poate fi denumita latime limitata si care poate fi determinata dupa formula $\Delta b_s = \Delta b_l$ (0,5 ÷ 0,65). Pentru laminoare de tipul celui de la S.C. Laminorul S.A. functie de dimensiunea cornierului laminat si trecerea luata în calcul, autorul recomanda urmatoarele valori:

$$C = 1,45 \div 2$$

$$C_1 = 0,55 \div 0,62$$

Pentru calibrul finisor nu se mai aplica ajustarea latimii cu coeficientul C_1. ($C_1 = (0,5 \div 0,65)$.

O data definitivat calculul latimii se poate calcula lungimea desfasurata a aripilor pe linia de mijloc si cu ajutorul acesteia proiectia aripii care duce la stabilirea latimii semifabricatului de pornire.

In general, valoarea latimii în calibrul de spintecare poate varia în limite cuprinse între 11 si 13 mm functie de dimensiunea cornierului. Dupa stabilirea valorilor materialului ce trebuie sa rezulte în urma trecerii prin calibre se face calculul configuratiei calibrelor. In acest caz trebuie sa se tina seama de câteva reguli generale obligatorii:

♦ Calibrul finisor va avea obligatoriu linia de deschidere a calibrelor în jos. Aceasta regula are o mare importanta practica deoarece amplasarea lui cu vârful în jos ar transforma cornierul într-un jgheab în care stationeaza apa de racire de la caje iar muchia ar putea avea de suferit în timpul transportului barei.

♦ Deschiderea calibrelor vo fi alternativa în sensul ca o trecere va avea deschiderile în jos iar urmatoarea în sus s.a.m.d.

♦ Pentru trecerile degrosisoare se recomanda o usoara presiune superioara a cilindrilor în limita de 2-3 mm.

♦ La cordoanele calibrelor se va adopta o panta de max.20%.

♦ Cordoanele cilindrilor vor avea o latime egala cu înaltimea calibrului.

Dupa laminarea de proba se va avea în vedere eliminarea deficientelor de calibrare (daca este cazul) care la o inventariere mai atenta pot fi grupate cum s-a aratat.

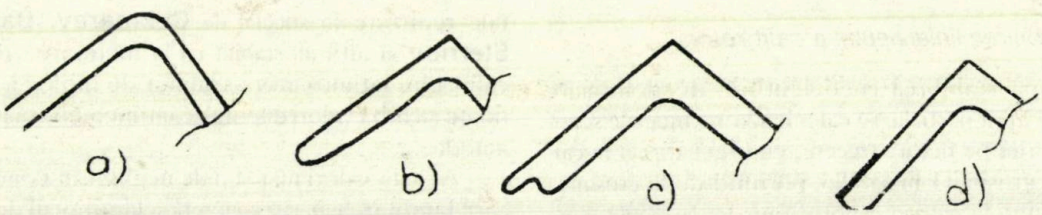


Fig. 5

Principalele defecte aparute la laminarea profilului cornier
Defects occuring during angle shape rolling

Tabelul 2

Scheme de laminare a cornierelor
Angle shape rolling diagram

Caja	Nr. trecere	Tip calibru	Dimensiune calibru, mm			Sectiune, mm^2		
			65 x 65 x 6	90 x 90 x 6	110 x 110 x 10	65 x 65 x 6	90 x 90 x 6	110 x 110 x 10
Priza			100 x 100	140 x 140	160 x 160	10000	19600	25600
1	1	cutie	124 x 70	161 x 100	180 x 115	8000	15200	20200
	2	cutie	88 x 90	172 x 75	130 x 139	7200	12000	17700
	3	cutie	96 x 68	93 x 113	164 x 77	5800	9830	12600
2	4	cutie	92,5 x 57,5	140 x 58,5	164,4 x 69,6 x 49,2	4800	7300	8400
	5	prof.	92,4 x 47,7 x 33,4	140,4 x 53,4 x 35,1	166,8 x 65,2 x 32,5	3310	5090	5930
	6	prof.	96,8 x 42 x 19,9	143,4 x 50,2 x 21,4	170 x 61,4 x 21,5	2210	3580	4320
3	7	prof.	101,8 x 38,2 x 12,8	146,6 x 47,9 x 14	175,2 x 59,1 x 16	1560	2400	3320
4	8	prof.	104,6 x 36,2 x 9,2	147,3 x 46,5 x 9,9	179 x 57,4 x 12,1	1220	1770	2580
5	9	prof.	105,6 x 35 x 7,2	149,2 x 45,4 x 7,7	181,8 x 56,4 x 10,1	920	1360	2150
6	10	prof.	65 x 65 x 6	90 x 90 x 6	110 x 110 x 10	765	1140	1970

In figura 5 se reprezinta grafic câteva din aceste defecte.

In tabelul 2 se prezinta câteva scheme de laminare ce se aplica la laminarea cornierelor, la conceperea carora s-a tinut seama de principiile si consideratiile anterioare.

Autorul multumeste domnului profesor dr.ing. Cazimirovici Eugen si domnului dr. ing. Samoilescu Silviu pentru îndrumarile primite care i-au fost de un real folos.

BIBLIOGRAFIE

[1] **E. Cazimirovici, S. Samoilescu**: Calibrarea cilindrilor de laminare, Ed. Tehnica, Bucuresti, 1987

[2] **Bahtinov B.P.**: Kalibrovka prokatnîh valkov, Moscova, 1953

[3] **Sternov M.M.**: Kalibrovka oglovoi stali Sverdlovik, 1961

[4] Instructiuni tehnologice pentru laminorul de profile mijlocii

REVISTA REVISTELOR

Steel Research, *Germania, nr. 6, 1993*

- Determinarea limitelor interfazice ale solutiei solide de wuustita în contextul încercarilor de reducere, p.279

- Calculul numeric si reprezentarea nedimensionala a câmpurilor de viteza în topitura din oala agitata cu bule, p.286

- Influenta raportului Mn/S asupra ductilitatii otelurilor în timpul turnarii continue, p.292

- Modelarea teoretica a unui sistem izocinetic de alimentare cu otel pentru turnarea benzilor în forma aproape finita, p.300

- Modelarea solidificarii microstructurii la turnarea benzilor subtiri din otel inox printre doi cilindri, p.307

- Formarea zonelor duble de gâtuire în timpul încercarilor la tractiune la cald, p.313

- Ruperea si comportarea la fluaj a otelului martensitic X18CrMoNb11,1 la temperaturi ridicate si dupa o variatie a temperaturii, p.322

CEA MAI MARE FIRMA ROMANEASCA DE COMERT EXTERIOR
IN DOMENIUL METALELOR

METALEXPORTIMPORT S.A.

ROMANIA, BUCURESTI,
STR. MENDELEEV, NR. 21-25
TELEFON: 659.21.60; 659.40.90;
569.63.90; 312.04.47;659.38.50;
TELEX: 11515, FAX:312.04.46.

CALITATE, GARANTIE, COMPETITIVITATE
PRIN

S.C. METALEXPORTIMPORT S.A.

EXPORTA:

- tabla medie si groasa, inclusiv tabla navala (hot rolled heavy plates, including shipbuilding plates);
- tabla subtire laminata la rece (cold rolled steel sheets);
- tabla zincata (galvanized steel sheet);
- tabla transformator (cold rolled-oriented grain silicon steel strip);
- profile otel laminate la cald UNP, INP, corniere, otel rotund, patrat (hot rolled steel profiles-channels joists, angles, round, flat bars);
- otel beton si sirma laminata (reinforcing steel bars and wire road);
- sirma trasa din otel (drawn steel wire);
- electrozi sudura (welding electrodes);
- cuie (nails);
- lanturi industriale (industrial chaines);
- cabluri tractiune (wire ropes);
- sirma si torcane beton precomprimat (steel wire for prestressed concrete and stress relieved steel wire strands);
- cord metalic (brass plated steel cord for tyres);
- sirma taloane (bronze plated steel wire);
- tevi conducta (seamless line pipes);
- burlane foraj (casing);
- tevi sudate (welded pipes);
- blocuri aluminiu si laminate aluminiu (aluminium ingots and aluminium products).

IMPORTA:

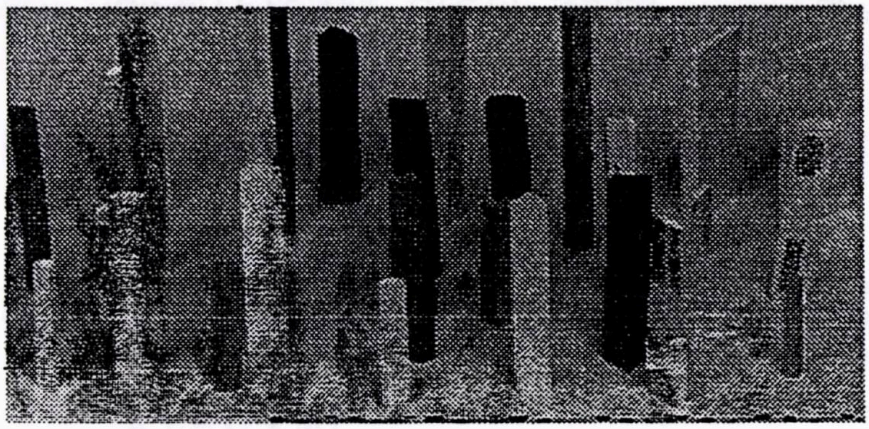
- cocs (coke);
- carbune cocsificabil (coaking coal);
- materiale refractare (refractory products);
- minereu de fier (iron ore);
- feroaliaje (ferroalloys);
- neferoase blocuri (nonferrous ingots);
- alte materii prime necesare industriei metalurgice (other raw materials for metallurgical industry).

METALIMPORTEXPORT S.A.

este oricind la dispozitia firmelor interesate
pentru orice alte operatii de export - import.
Pentru orice detalii, rugam contactati-ne la adresa:

Bucuresti - Str. Mendeleev 21-25
Tel: 00400/659.68.25; Fax: 00400/312.04.46; Telex: 11515
metal r

Abrom: S. A. - Bârlad manufactures grinding wheels with vitrified bond under "TYROLIT" Austria licence, in accordance with Internal Organization for Standardization (I. S. O.) and the Federation of European Producers of Abrasive Products (F. E. P. A.), for all kinds of grinding operations on most materials:



External cylindrical grinding
Centerless grinding
Internal grinding
Surface grinding
Tool grinding
Roughing and snagging
Glass grinding
Grinding of motor crankshafts and camshafts
Spring grinding
Roll grinding
Saw sharpening
Gear grinding
Thread grinding
Fine grinding - polishing

ABROM S. A. 3, Grigore Ignat Street, Bârlad, România
Telephone: (40) 035415440; 035416040
FAx: (40) 035418548, Telex: 21735 IPPBD R

CEA MAI MARE FIRMA ROMANEASCA DE COMERT EXTERIOR
IN DOMENIUL METALELOR

METALEXPORTIMPORT S.A.

ROMANIA, BUCURESTI,
STR. MENDELEEV, NR. 21-25
TELEFON: 659.21.60; 659.40.90;
569.63.90; 312.04.47;659.38.50;
TELEX: 11515, FAX:312.04.46.

CALITATE, GARANTIE, COMPETITIVITATE
PRIN

S.C. METALEXPORTIMPORT S.A.

EXPORTA:

- tabla medie si groasa, inclusiv tabla navala (hot rolled heavy plates, including shipbuilding plates);
- tabla subtire laminata la rece (cold rolled steel sheets);
- tabla zincata (galvanized steel sheet);
- tabla transformator (cold rolled-oriented grain silicon steel strip);
- profile otel laminate la cald UNP, INP, corniere, otel rotund, patrat (hot rolled steel profiles-channels joists, angles, round, flat bars);
- otel beton si sirma laminata (reinforcing steel bars and wire road);
- sirma trasa din otel (drawn steel wire);
- electrozi sudura (welding electrodes);
- cuie (nails);
- lanturi industriale (industrial chaines);
- cabluri tractiune (wire ropes);
- sirma si torcane beton precomprimat (steel wire for prestressed concrete and stress relieved steel wire strands);
- cord metalic (brass plated steel cord for tyres);
- sirma taloane (bronze plated steel wire);
- tevi conducta (seamless line pipes);
- burlane foraj (casing);
- tevi sudate (welded pipes);
- blocuri aluminiu si laminate aluminiu (aluminium ingots and aluminium products).

IMPORTA:

- cocs (coke);
- carbune cocsificabil (coaking coal);
- materiale refractare (refractory products);
- minereu de fier (iron ore);
- feroaliaje (ferroalloys);
- neferoase blocuri (nonferrous ingots);
- alte materii prime necesare industriei metalurgice (other raw materials for metallurgical industry).

METALIMPORTEXPORT S.A.

este oricind la dispozitia firmelor interesate pentru orice alte operatii de export - import.
Pentru orice detalii, rugam contactati-ne la adresa:.

Bucuresti - Str. Mendeleev 21-25
Tel: 00400/659.68.25; Fax: 00400/312.04.46; Telex: 11515
metal r

ICPPAM S. A.
Galati

Str. Smârdan nr. 2
Telefon: 036.44.25.48
Telex: 51299
Fax: 40.93.461238

oferă

Agentilor economici si persoanelor fizice

La preturi foarte avantajoase:

♦ *Studii, lucrari de cercetare stiintifica, dezvoltare tehnologica si proiectare, know - how, consulting si asistenta tehnica pentru:*

- *tehnologii, procese si fluxuri pentru fabricatia cocsului, fontei, otelului si produselor laminate plate si lungi;*
- *tehnologii si instalatii de acoperiri metalice si nemetalice a produselor plate, tevilor si profilelor prin imersie, electrolitic sau prin procedee neconventionale;*
- *fluxuri de proces pentru laminate plate si lungi;*
- *modernizari si optimizari de instalatii si procese metalurgice;*
- *reparatii capitale si organizarea intretinerii pentru utilaje si instalatii din uzinele metalurgice;*
- *conducerea poluarii si protectia mediului in metalurgie.*

♦ *Proiecte pentru constructii (industriale, civile, agrozootehnice), extinderi, modernizari, consolidari la cladiri existente pentru industria usoara, alimentara, agricultura si comert.*

♦ *Studii si lucrari de proiectare pentru obiective noi sau pentru modernizare si retehnologizare de:*

- *instalatii de alimentare electrice de distribuire a forta si lumina;*
- *instalatii de automatizare, masura, comanda si reglare;*
- *instalatii de actionari electrice cu comanda clasica sau conduse cu automate programabile;*
- *instalatii de supraveghere, gestiune si conducere cu calculatorul pentru diverse procese si instalatii tehnologice.*

♦ *Proiecte pentru instalatii de alimentare cu apa, fluide energetice (gaze naturale, oxigen etc.) de canalizare, termoficare, ventilatii pentru orice tip de instalatie industriala sau pentru cladiri de locuit sau social - culturale.*

♦ *Proiecte si avize pentru instalatii de ridicat si sub presiune, care necesita autorizare ISCIR.*

♦ *Expertize, lucrari de laborator si prestatii pentru:*

- *determinari distructive sau nedistructive de caracteristici fizico - chimice, metalografice, mecanice, comportare la coroziune si difractometrie;*
- *control defectoscopic prin metode nedistructive (ultrasunete, lichide penetrante, raze X) pentru a determina calitatea unor lucrari, cauzele unor avarii, oboseala materialelor, gradul de coroziune al constructiilor metalice;*
- *testarea organelor de masini puternic solicitate;*
- *tehnologii de reconditionare pentru diverse piese de schimb si scule.*

S. C. INDUSTRIA SÂRMEI S.A.,

romanian leader

in wire and wire products,

offers a wide range of products

» sârma pentru cuie	» nail wire
» cuie	» nails
» sârma zincata	» galvanised wire
» sârma ghimpata	» barbed wire
» bare laminate	» rolled bars
» bare calibrate	» calibrated bars
» sârma pentru sudura	» welding wire
» electrozi de sudura	» welding electrodes
» flux de sudura	» welding flux
» conductori electrici	» electric leads
» sârma pentru talon auto	» bead wire
» sârma pentru beton precomprimat	» prestressed concrete wire
» toron pentru beton precomprimat	» prestressed concrete strand
» cabluri de tractiune	» drag ropes
» filiere	» drawing dies
» piese sinterizate din carburi	» sintered carbide components

Pentru relatii suplimentare rugam sa va adresati la sediul firmei:

For details please contact us at :

S. C. INDUSTRIA SÂRMEI S. A.

str. Laminoristilor nr. 145

3351, CÂMPIA TURZII

telefoane: 095-368044-Director Comercial - Trade Manager

095-368957-Sef Serv.Import-Export - Import - Export Dept. Head

095-368128-Sef Serv.Desfacere - Sales Manager

095-368661-666

telex: 31282

fax: 095-368957

095-367460

S.C. SIDERURGICA S.A. HUNEDOARA

Societatea Comerciala "Siderurgica" S.A. Hunedoara produce si comercializeaza la preturi competitive urmatoarele produse:

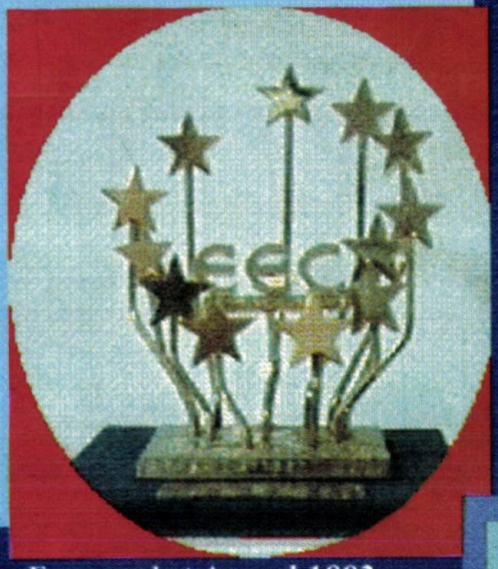
* tagle pentru tevi din otel carbon , slab aliat, aliat si inalt aliat (inoxidabil);
* blumuri si tagle din otel carbon, slab aliat, aliat si inalt aliat pentru constructia de masini;
* tagle din otel pentru rulmenti;
* profile fasonate I,U, cornier, T;
* profile pentru:
  * senile de tractor si excavator ;
  * brazdar de plug ;
  * armatura de mina ;
  * transportoare de mina ;
  * aparate de cale ferata si sina ac ;
  * traverse CF ;
* sirma pentru armaturi beton, tragatorii, cord metalic ;
* piese turnate si forjate ;
* utilaj pentru turnarea otelului (poduri, ingotiere, pilnii) ;
* coces metalurgic ;
* benzen, naftalina, smoala, sulf, toluen ;
* fonta de afinare si de turnatorie ;
* zgura granulata si vata de zgura ;
* calcar si var ;
* dolomita calcinata si sinterizata ;
* blocuri dolomitice ;

" Siderurgica" S.A. Hunedoara produces and commercialises at competitive prices the following products:

* carbon, low-alloyed, alloyed and high alloyed steel billets for tubes (stainless steel) ;
* carbon, low-alloyed, alloyed and high alloyed steel billets and blooms for machine building ;
* steel billets for bearings ;
* shaped sections, IPE-beams, channels, angles, T-sections ;
* profiles for :
  * tractor and excavator track shoes
  * plough shares ;
  * mine gallery supporting ;
  * mine conveyors ;
  * railroad accessories siding rail ;
* wire for concrete reinforcements, for drawing, metallic cord ;
* cast and forged pieces ;
* equipment for steel casting (platforms, moulds, funnels) ;
* metallurgical coke ;
* benzene, naphthalene, tar, sulphur, toluene ;
* refining and cast pig iron ;
* granulated slag and slag wadding ;
* lime and chalkstone ;
* calcined and sintered dolomite ;
* dolomitic blocks ;

THE LONG PRODUCTS LEADING COMPANY IN ROMANI

International
Leading Company
Award Madrid 1991



Euromarket Award 1992
European Market Research
Center

XXIII International Award
For Commercial Prestige
Madrid 1993

Pe cine contact ns :
e puteti contacta :

8, Constantin Bursan Street
2750, HUNEDOARA
ROMANIA

Telephone Exchange : +40/95/716121,716131,716521
General Manager : +40/95/712783
Comercial Manager : +40/95/712784
Telex : 72411 cbsid-r, 72412 cbsid-r
Telefax : +40/95/712266, 716008, 717650

METALURGIA

Revista lunara editata de S.C. SIDERURGICA S.A.

E 3280

THE WEIGHTY WORD
OF IRON & STEEL INDUSTRY

S.C. SIDERURGICA S.A.
HUNEDOARA

1994 / 11-12 вам
E3280

Sidex

Iron and Steel Complex of Galati

Manufactures and exports for you

Hot Rolled Flat Products

- Ordinary steel strips and plates for constructions
- Fine grained steel strips nad plates for welded constructions
- Atmospheric corrosion resistant steel strips and plates
- Shipbuilding steel plates
- High quality carbon steel strips and plates for machine building
- Steel plates for boilers and pressure vessels
- Steel strips and plates for cold bending and deep drawing
- Steel strips and plates for side bars and other parts with small bending radius
- Steel plates for mining equipment
- Stainless steel strips and plates and refractory steel for nuclear and aeronautical industry
- Steel strips and plates for automobile rims

Other Products

- Liquid and gas oxygen
- Liquid and gas nitrogen
- Liquid and gas argon
- Granulated blast-furnace slag
- Non-iron slag

Steel Semi-products

- Continuous cast or rolled slabs
- Continuous cast blooms
- Rolled billets
- Coke-chemical products
- Blast furnace coke
- Ferro-alloys coke
- Fine coke
- Coke-chemical ammonia sulphate
- Concentrated ammonia water
- Coal tar
- Technical ammonia
- Aromatic fractions
- Coke plant technic sulphur
- Pit coal tar
- Pit coal creosote for carbon black
- Coke-chemical absorption oil
- Phenolic fraction
- Crude anthracene
- Naphthalene
- Technical ferric sulphate
- Bitum

Cold Rolled Sheet

- Thin steel strips and sheets for cold formed shapes and welded pipes
- Sheets and strips for deep drawing
- Steel sheets and strips for car industry and ships

A life experience on the steel market and many friends in the steel bussines!

str. Siderurgistilor 1, Galati 6200, Tel:036 43.19.00, Telex 51 257

S.C. SIDERURGICA S.A. Hunedoara

Societatea Comerciala "Siderurgica" S.A. Hunedoara produce si comercializeaza la preturi competitive urmatoarele produse:

* tagle pentru tevi din otel carbon, slab aliat, aliat si înalt aliat (inoxidabil);
* blumuri si tagle din otel carbon, slab aliat, aliat si înalt aliat pentru constructia de masini;
* tagle din otel pentru rulmenti;
* profile fasonate I.U. cornier, T;

* profile pentru:
  - senile de tractor si excavator;
  - brazdar de plug;
  - armatura de mina;
  - transportoare de mina;
  - aparate de cale ferata si sina ac;
  - traverse CF;

* sârma pentru armaturi beton, tragatorii, cord metalic;
* piese turnate si forjate;
* utilaj pentru turnarea otelului (poduri, lingotiere, pâlnii);
* cocs metalurgic;
* benzen, naftalina, smoala, sulf, toluen;
* fonta de afinare si de turnatorie;
* zgura granulata si vata de zgura;
* calcar si var;
* dolomita calcinata si sinterizata;
* blocuri dolomitice

"Siderurgica" S.A. Hunedoara produces and commercialises at competitive prices the following products:

* carbon, low-alloyed, alloyed and high alloyed steel billets for tubes (stainless steel);
* carbon, low-alloyed, alloyed and high alloyed steel billets and blooms for machine building;
* steel billets for bearings;
* shaped sections, IPE-beams, channels, angles, T-sections;
* profiles for:
  - tractor and excavator track shoes;
  - plough shares;
  - mine gallery supporting;
  - mine conveyors;
  - railroad accessories siding rail;

* wire for concrete reinforcements, for drawing, metallic cord;
* cast and forged pieces;
* equipment for steel casting (platforms, moulds, funnels);
* metallurgical coke;
* benzene, naphthalene, tar, sulphur, toluene;
* refining and cast pig iron;
* granulated slag and slag wadding;
* lime and chalkstone;
* calcined and sintered dolomite;
* dolomitic blocks

S. C. INDUSTRIA SÂRMEI S.A.,

romanian leader

in wire and wire products

offers a wide range of products

- » sârma pentru cuie
- » cuie
- » sârma zincata
- » sârma ghimpata
- » bare laminate
- » bare calibrate
- » sârma pentru sudura
- » electrozi de sudura
- » flux de sudura
- » conductori electrici
- » sârma pentru talon auto
- » sârma pentru beton precomprimat
- » toron pentru beton precomprimat
- » cabluri de tractiune
- » filiere
- » piese sinterizate din carbura

- » nail wire
- » nails
- » galvanised wire
- » barbed wire
- » rolled bars
- » calibrated bars
- » welding wire
- » welding electrodes
- » welding flux
- » electric leads
- » bead wire
- » prestressed concrete wire
- » prestressed concrete strand
- » drag ropes
- » drawing dies
- » sintered carbide components

Pentru relatii suplimentare rugam sa va adresati la sectorul furnizor:

For details please contact us at:

S. C. INDUSTRIA SÂRMEI S. A.

str. Laminoristilor nr. 145

3351, CÂMPIA TURZII

telefone: 095-368044-Director Comercial Trade Manager

095-368957-Sef Serv.Import-Export Import - Export Dept. Head

095-368128-Sef Serv.Desfacere Sales Manager

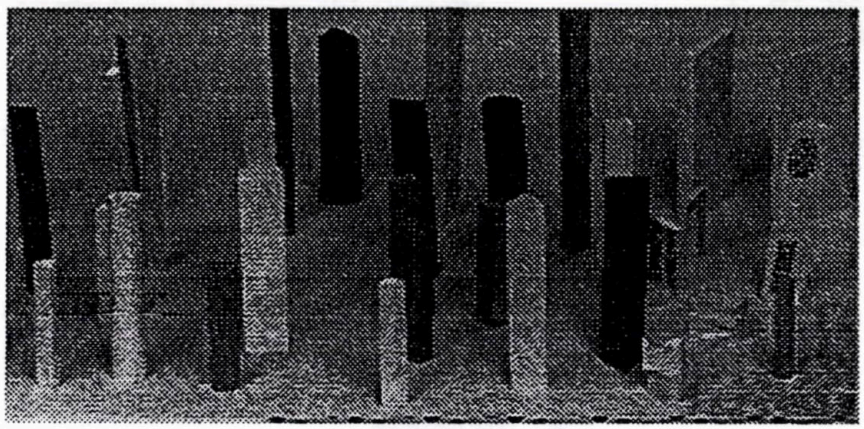
095-368661-666

telex: 31282

fax: 095-368957

095-367460

Abrom S. A. - Bârlad manufactures grinding wheels with vitrified bond under "TYROLIT" Austria licence, in accordance with Internal Organization for Standardization (I. S. O.) and the Federation of European Producers of Abrasive Products (F. E. P. A.), for all kinds of grinding operations on most materials:



External cylindrical grinding
Centerless grinding
Internal grinding
Surface grinding
Tool grinding
Roughing and snagging
Glass grinding
Grinding of motor crankshafts and camshafts
Spring grinding
Roll grinding
Saw sharpening
Gear grinding
Thread grinding
Fine grinding - polishing

ABROM S. A. 3, Grigore Ignat Street, Bârlad, România
Telephone: (40) 035415440; 035416040
FAx: (40) 035418548, Telex: 21735 IPPBD R

METALURGIA

REVISTA EDITATA DE "SIDEROM" S. A.

11 - 12
noiembrie - decembrie
1994

ISSN 0461 - 9579

Sumar

Stanciu Sergiu, Bujoreanu Leandru Gheorghe, Calugaru Gheorghe, Dia Vasile: **Cercetari experimentale privind obtinerea aliajelor Cu - Al - Ni - Fe - Sn cu efect de memoria formei** 5

Nicolae Avram, Predescu Constantin, Mihailescu Christian: **Analiza metodelor intensive de ameliorare a gradului de utilizare a combustibililor la agregatele metalurgice.** 8

Vasile Toma: **Aspecte ale cineticii globale a carburarii în medii controlate. Influenta temperaturii.** 13

Vasile Toma: **Consideratii privind cinetica globala a carburarii în medii controlate. Influenta potentialului de carbon.** 17

Vasile Toma: **Consideratii privind cinetica formarii straturilor carburate** 19

Chira Ion, Stefanescu Florin, Marginean Ioan: **Carburarea superficiala si în profunzime a pieselor turnate cu modele gazificabile** 23

Apa Ludovic: **Corelatii între parametrii de interactiune ai carbonului dizolvat în aliaje feroase si numarul de ordine în sistemul periodic al elementelor de aliere** 27

Leaua Dumitru: **Consideratii privind alegerea separatoarelor de suspensii din gazele tehnologice generate în metalurgia metalelor neferoase grele.** 31

Ciobanu Ioan, Chichernea Florin, Veteleanu Ana, Iunius Florian, Constantinescu Alexandru, Ehrilch Dietmar, Jinan Vasile, Varzaru Tudor : **Determinarea energiei de rupere prin soc a maselotelor pieselor turnate din otel** 37

Taloi Dragos, Constantin Ioan, Matei Gheorghe, Drule Liana: **Optimizarea procesului de obtinere electrolitica a pulberii de cupru de calitate impusa - determinarea regimurilor optime** 43

Cananau Nicolae, Doniga Ana, Gurau Gheorghe, Petrea Ionel: **Cercetari privind laminarea tablelor cu grosimi mari din brame turnate continuu** 48

Munteanu Viorel, Onu Dorina, Tofan Ion, Tabacaru Ion: **Tehnologie de elaborare cu consum redus de var metalurgic a otelului în convertizor LD** 53

Raducanu Doina, Ciuca Ion, Raducanu Aurelian: **Unele aspecte ale transformarilor structurale în otelul aliat cu 3% siliciu** 58

Lupu Iuliana: **Unele aspecte privind utilizarea radiatiilor laser pentru determinarea compozitiei chimice, cu aplicatii si în metalurgie** 63

Vasilescu Octavian, Dinescu Lucian, Secleman Ioan, Bostina Gheorghe: **Olivina - un nou produs în familia materialelor refractare destinata industriei de turnatorie.** 66

Revista revistelor 7, 12, 22, 26, 30, 36, 47, 57, 65, 70, 72

Evenimente internationale. 62, 71

Conferinte , congrese 16, 18

Colegiul onorific de redactie

(în ordine alfabetica)

LUCIAN AMANCEI, VICTOR BERTALAN, ION CHIOSE, SORIN DIMITRIU, MIRCEA DOBRESCU, VICTOR GUIDEA DANILA, ALEXANDRU FLOREA, EMIL FLORIAN, LADISLAU FRUMOSU, RADU HANGA, PETRE IANC, GHEORGHE LEPADATU, STEFAN MARGINEANU, VIOREL MUNTEANU, ALEXANDRU STOENESCU, OLARU IOAN, MIHAELA PANA, VASILE PARPALA, CRISTIAN PIRVAN, CONSTANTIN POPESCU, BUJOR ROSCA, SILVIU SAMOILESCU, EUGEN SANDU, IOAN FLORENTIN SANDU, HORATIU VODA

Redactor responsabil: prof. dr. ing. I. VÂRCOLACU

Revizie tehnica: prof. dr. ing. I. VÂRCOLACU

Sef CIDMET: ing. Brândusa Florentina Scortea

Redactor: ing. Brândusa Florentina Scortea

Stilizare, corectura: Ioana Kuglay, Rodica Rosu

Tehnoredactare computerizata: Lidia Vereanu

Redactia si administratia: Bucuresti, str. Mendeleev, nr.21-25, sector 1, cod 70168, telefon 6594990

Institutiile pot achita abonamentele în contul nostru de virament nr. 30 15 20 201 BCR-SMB. Costul unui exemplar: lei 1500

Copyright © 1948 S. C. SIDEROM S. A.

Reproducerea de parti din aceasta revista este permisa cu acordul scris al editorului

Traducere: ing. S. Florea

Este societatea Dvs. în masura sa țină pasul cu tehnologiile moderne?

Cereti imediat materialele editate de

CIDMET - SIDEROM

PENTRU A FI INFORMAT

S. Stanciu et al: **Investigations on shape memory Cu - Al - Ni - Fe - Sn alloys making**

The paper shows a procedure of making a Cu - 13.64 Al - 3.85 Ni - 0.56 Fe - .11 Sn (wt %) alloy of technically clean elements in a MF induction furnace, without inert gas or vacuum protection for subsequent drop forging.

The authors give even certain physical, shape memory and mechanical properties of this alloy that make him adequate for thermal and electric actuators.

Metalurgia 46(1994), nr. 11 - 12, p. 5

A. Nicolae: **An analysis of intensive techiniques of improving fuel efficiency in alloy making plants**

The authors try to find techiques of assessing by computation fuel efficiency for the cases of using secondary energy resources by recovery in two steps, intensifying thermal processes in the plant (reduction of flue gas enthalpy, enrighment of combustion air, avoidance of losses from the plant) and intensifying transfer and technological processes.

Metalurgia 46(1994), nr. 11 - 12, p. 8

T.Vasile : **Global kinetics aspects of carburising in controlled atmosphere. Temperature influence**

Metalurgia 46(1994), nr. 10, p. 13

T.Vasile : **Global kinetics aspects of controlled atmosphere carburazing. Carbon potential influence**

Metalurgia 46(1994), nr. 11 - 12, p. 17

T.Vasile : **On case forming kinetics**

Metalurgia 46(1994), nr. 11 - 12, p. 21

I. Chira et al: **Shallow and deep case hardening of gasifying pattern castings**

The author shows the results of investigations on: surface and deep hardening of ferrous alloys castings using polystiren gasifying patterns: carburizing depth of casting walls depending on casting position; the influence of moulding materials on carburizing and hardening through the walls; he also assesses the efficiency of the procedure and new useful technologies.

Metalurgia 46(1994), nr. 11 - 12, p. 23

L. Apa: **Correlations between solute carbon parameters in ferrous alloys and alloying element number in the periodical system**

Metalurgia 46(1994), nr. 11 - 12, p. 27

D. Leaua: **On choosing gas entrainment traps in heavy metals metallurgy**

Metalurgia 46(1994), nr. 11 - 12, p. 31

I. Ciobanu et al: **Impact fracture energy evaluation for steel casting headers**

The paper includes investigations by the authors on header removal impact energy evaluation for steel castings.

Calculations were made for automobile axles of alloy steel.

Metalurgia 46(1994), nr. 11 - 12, p. 37

D. Taloi et al: **Process optimizing in electrolytic copper powder making with required quality - assessment of optimal process**

The paper shows the optimal processes for copper powder making with required quality based on the mathematical model given in the paper named "Process optimizing in electrolytic copper powder making with required quantity - assessment of mathematical model"

Metalurgia 46(1994), nr. 11 - 12, p. 43

N. Cananau: **Investigations on plate rolling from continuous cast slabs**

Metalurgia 46(1994), nr. 11 - 12, p. 48

V. Munteanu et al: **Low lime consumption technologies in BOF steel making**

The suggested technology aims at replacing part of lime added in BOF steel making with processed steel mill slag. Test results confirm an adequate basicity of the slag, a lower lime, oxygen and metal consumption.

Metalurgia 46(1994), nr. 11 - 12, p. 53

Doina Raducanu et al: **Structural change aspects in 3% Si alloyed steel**

The paper analyses certain structural changes taking place during heating - cooling after certain thermal cycles of 3% Si steel. Hot microscopy was used.

A critical transformation temperature was evidenced, caused by the existence of two - phase ($\alpha + \gamma$) zone in the phase diagram.

Metalurgia 46(1994), nr. 11 - 12, p. 58

Iuliana Lupu: **Some aspects regarding the utilization of laser radiations for chemical composition analyse and use of them in the metallurgical industry**

Metalurgia 46(1994), nr. 11 - 12, p. 63

O. Vasilescu et al: **A new refractory casting material**

Metalurgia 46(1994), nr. 11 - 12, p. 66

Pentru a va lansa pe o piata
cu produsele Dvs., trebuie
sa va informati temeinic.

Cereti imediat materialele
editate de CIDMET - SIDEROM
pentru a fi informat

Cele mai bune urari pentru un
Craciun binecuvântat
si un An Nou
cu sanatate si fericire

Season greetings to all our friends
with many thanks
for the good cooperation during
the past year and sincerest good wishes
for a prosperous forthcoming year.

Sur le seuil de l'anée nouvelle nous
remercions tous les amis
de notre maison pour leur précieuse
collaboration et leur souhaitons
de joyeuses fêtes
ainsi bonne santé et prospérité!

Va ureaza,
Redactia revistei Metalurgia
CIDMET
S. C. SIDEROM S. A.

CERCETARI EXPERIMENTALE PRIVIND OBTINEREA ALIAJELOR CU-AL-NI-FE-SN CU EFECT DE MEMORIA FORMEI

Ing.Sergiu Stanciu, sef de lucrari,
ing. Leandru Gheorghe Bujoreanu, sef de lucrari,
dr.fiz.Gheorghe Calugaru, profesor
ing.Vasile Dia

Universitatea Tehnica "Gh.Asachi" Iasi

S.C. Tepro S.A. Iasi

C.Z.:669.017

Aliajele cu memoria formei (A.M.F.) utilizate preponderent pentru aplicatii comerciale sunt cele din sistemul Ni-Ti si cele pe baza de Cu (Cu-Zn-Al si Cu-Al-Ni). Cu toate ca in general aliajele Ni - Ti au proprietati mai bune, in multe aplicatii, cele pe baza de Cu sunt preferate datorita pretului de cost mai scazut, de aproximativ 100 ori [1].

Cercetarile efectuate in vederea obtinerii aliajelor Cu-Al-Ni s- au axat cu precadere in directia ameliorarii caracteristicilor mecanice si a plasticitatii, prin finisarea structurii. Aliajele monocristaline înlatura dezavantajele datorate granulatiei mari a aliajelor Cu-Al-Ni policristaline, dar obtinerea lor presupune folosirea unor tehnologii complexe si, de aceea, pentru anumite aplicatii sunt neeconomice. Aliajele policristaline cunoscute mai pot contine ca elemente de aliere Mn sau Ti (aliajele CANTIM-75, -100, -125, -150, -175 ce contin 1,00 ...1,04% Ti) [2] si unul sau mai multi aditivi introdusi pentru finisarea granulatiei: B (max. 0,1%), Ce, Co, Fe, Ti, V, Zr (fiecare parte, max. 0,5%) [3].

Limitele ce se impun utilizarii acestor aliaje sunt deformatiile pseudoelastice relativ mici de aproximativ 1% [4] si obtinerea efectului pentru deformatii plastice mai mici de 3% [5]. Totodata obtinerea lor prezinta dificultati legate de limitarea stricta a continutului de impuritati, motiv pentru care la elaborare se utilizeaza componente de inalta puritate (99,99% pentru Cu si Al si min. 99,9% pentru Ni) si se elaboreaza in vid sau gaze inerte [6].

In prezenta lucrare sunt date primele rezultate privind obtinerea A.M.F. Cu-Al-Ni aliate cu Fe si Sn (%Fe + %Sn = 0,7%) si elaborate din componente de puritate medie fara protectie cu gaze inerte sau vid.

Procedeul experimental

Materii prime si auxiliare

Incarcatura metalica a fost formata din componente de medie puritate (Cu - 99,50%, Al - 99,00%, Ni - 97,60%; Fe - 98%, Sn - 96,35%). Pentru protectia baii metalice s-a utilizat flux de acoperire compus dintr-un amestec:

$$CaF_2 + Na_2CO_3 + Na_2B_4O_7 + NaCl.$$

Utilaje si procedeu tehnologic

Elaborarea s-a facut intr-un cuptor cu inductie cu capacitatea de 20 kg, puterea de 30 kW si frecventa de lucru 8000 Hz. Procedeul experimental a respectat urmatoarele etape si parametri tehnologici: incarcarea cuprului si nichelului si topirea sub flux de acoperire, mentinere 3 min la 1250^{0}C, dezoxidare cu 0,1% prealiaj CuP_{11}, aliere cu aluminiu si omogenizare 5 min, aliere cu fier si staniu si omogenizare 5 min, turnare in forme crude la 1130^{0}C.

Aliajul turnat a avut urmatoarea compozitie chimica in procente masice: 81,63% Cu, 13,64% Al, 3,89% Ni, 0,56% Fe, 0,11% Sn, 0,02% Si, 0,01% C, 0,04% Co, 0,1% alte impuritati.

Alierea cu Fe si Sn in procentele mentionate francaza reactia eutectoida $\beta \rightarrow \alpha_1 + \gamma_2$, favorizând formarea martensitei la viteze mici de racire. Fierul este introdus si in scopul finisarii structurii datorita formarii unor compusi intermetalici imbogatiti in Al, Ni si Fe (de tip $FeAl_3$) fin dispersati ce constituie centri de cristalizare sau formeaza obstacole in calea deplasarii limitelor de graunti. Staniul are rolul de a ameliora plasticitatea aliajului. Prin efectele cumulate produse de Fe si Sn s-a urmarit imbunatatirea proprietatilor mecanice si de memoria formei ale aliajului si implicit diminuarea efectelor negative ale impuritatilor.

S-au obtinut probe turnate ϕ 12 x 100 mm ce au fost strunjite la dimensiunile ϕ 8 x 100 mm si apoi supuse refularii prin intindere la 960^{0}C si racire in aer obtinându-se dupa practicarea a trei calduri, semifabricate plate cu grosimea de 1 mm. Semifabricatele s-au rectificat pâna la grosimea de 0,7 mm apoi au fost taiate longitudinal rezultând benzi cu dimensiunile 100 x 2 x 0,7 mm, pe care s-au determinat o serie de proprietati ale aliajului.

Evidentierea efectului simplu la revenire retinuta, a pseudoplasticitatii si determinarea rezistentei la tractiune s-a facut pe o masina "Heckert" tip FPZ 100/1.

Proprietatile aliajului

Analiza metalografica a probelor din aliajul obtinut conform procedeului mentionat a relevat o structura martensitica cu macle interne atât în stare turnata (fig. 1.a) cât si în stare forjata (figura 1.b) granulatia medie fiind în cele doua cazuri de 700μ m respectiv 500μ m.

a

b

Fig. 1

Microstructura aliajului experimental Cu - 13,64Al - 3,89Ni - 0,56Fe - 0,11Sn (%m). Neofot 21; 500 X; atac anhidra cromica: a - microstructura dupa turnare; b - microstructura dupa deformare la 960^{0}C si racire în aer liber
Cu - 13,64Al - 3,89 Ni - 56 Fe - ,11 Sn (Wt%) alloy microstructure; Neofot 21; x 500; chromium anhydride; a - as cast microstructure; b - microstructure after forming at 960^{0}C and air cooling

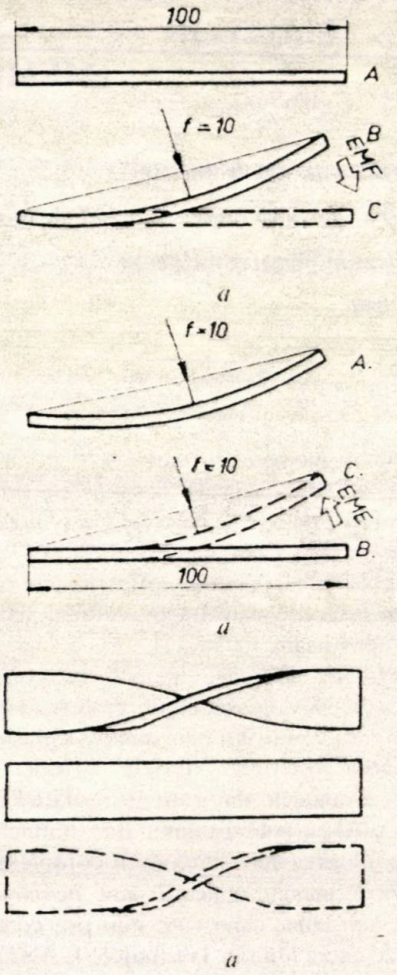


Fig. 2

Reprezentarea schematica a deformatiilor produse prin E.M.F. a aliajului Cu - 13, 64 Al - 3,89Ni - 0,56 Fe - 0,11 Sn (% m): a - încovoiere la rece a "formei calde" drepte; b - deflectie la rece a "formei calde" încovoiate; c - îndreptarea la rece a formei calde" torsionate
Schematic diagram of E.M.F. induced deformations in Cu - 13,64 Al - 3,89 Ni - 0,56 Fe - 0,11 Sn (wt%): a - cold bending of straight "hot shape"; b - cold deflection of bent "hot shape"; c - cold straightening of twisted "hot shape"

Evidentierea E.M.F. s-a facut pentru trei exemple de revenire libera, atât la deformatie prin încovoiere cât si la torsiune. In figura 2 se prezinta trei cazuri diferite de E.M.F. cu revenire libera.

S-au notat cu: A - "forma calda" imprimata la T = 400^{0}C, în stare austenitica, B - "forma rece" realizata prin deformare la T = 20^{0}C, în stare martensitica, iar cu C forma la care revine aliajul prin E.M.F. (efect de memoria formei).

Comportarea pseudoelastica a aliajului s-a relevat prin încercarea la tractiune, rezultând curbe încarcare-descarcare specifice pseudoelasticitatii de transformare cu curgere dubla. S-au determinat valori ale deformatiei pseudoelasticitatii cuprinse între 1,07 ... 1,78%, alungiri remanente de aproximativ 0,05% grad de recuperare a alungirii, ε_{rec} = 98...99% si randament de înmagazinare a energiei η = 90...92%

S-a studiat si posibilitatea de efectuare a unui lucru mecanic, imprimând unei benzi cu dimensiunile 65 x 2 x 0,7 mm, o forma calda încovoiata, si apoi încovoind-o suplimentar la temperatura ambianta, prin fixare în consola si prinderea la capatul liber a unei sarcini de masa m = 20 g. In continuare, prin încalzire în domeniul austenitic epruveta tinde sa-si recapete "forma calda" ridicând sarcina la o înaltime de aproximativ 5 mm fata de pozitia initiala, încovoiata la rece. Dupa încetarea încalzirii si racirea în aer liber epruveta se înmoaie si este din nou încovoiata de sarcina. Acest ciclu termomecanic s-a repetat de peste 1000 de ori neconstatându-se semne de oboseala a aliajului. Lucrul mecanic pe unitate de

Tabelul 1

Proprietati ale A.M.F. Cu-13, 64Al - 3,89Ni - 0,56Fe - 0,11Sn (%m) si a celor de tip Cu-Al-Ni cunoscute
Shape memory alloys properties

Denumirea proprietatii	Cu-Al-Ni	Cu - 13,64 Al - 3,89 Ni - 0,56 Fe - 0,11Sn
Granulatie medie	100...800μm [3]	500μm
Modulul lui Young, martensita, MPa	80 [3]	73
Rezistenta la rupere prin tractiune, MPa	500 - 800 [3]	500
Rezistenta la curgere martensita , MPa	130 [3]	max. 96
Alungire pseudoelastica recuperabila, %	1 [4]	1.8

masa aliaj, efectuat la ridicarea greutatii a fost de aproximativ 0,002 J/g.

Proprietatile mecanice determinate sunt prezentate in tabelul I alaturi de cele relatate mai sus, in mod comparativ fata de proprietatile A.M.F. Cu-Al-Ni cunoscute.

Concluzii

Utilitatea unui A.M.F. pentru anumite aplicatii este data atât de costul cât si de proprietatile aliajului [3].

Aliajul Cu-13, 64Al-3, 89Ni-0, 56Fe-0, 11Sn (%m), reprezinta o categorie originala de A.M.F. tip Cu-Al-Ni atât datorita economicitatii procedeului de obtinere, cât si datorita prezentei simultane a fierului si staniului, elemente ce influenteaza pozitiv proprietatile aliajului diminuând efectele negative ale impuritatilor.

Totodata, aliajul studiat prezinta E.M.F. (la incovoiere si torsiune) pseudoelasticitate de transformare si E.M.F. generator de lucru mecanic fara tendinte de degradare pentru cel putin 1000 de cicluri, calitati ce il recomanda ca un material ieftin cu multiple aplicatii potentiale in constructia activatorilor termici sau electrici.

BIBLIOGRAFIE

[1] **Torra V. , Tachoire H.:** *Apport de l'analyse thermique à l'étude des alliages à memoire de forme.* Traitement thermique 234, 1990, p.35

[2] **Sugimoto K., Kamei K. , Nakaniwa M.:** *A New Shape Memory Alloy for High Temperature Applications. Engineering Aspects of Shape Memory Alloys,* editata de Duering, T.W.; Melton K.N.; Stockeland D.; Wayman C.M., Butterworth - Heinemann, 1990, p.89

[3] **Wu H.M.:** *Cu-Based Shape Memory Alloys,* p.69

[4] **Duering T.W. si Zadno R.:** *An Engineer's Perspective of Pseudoelasticity,* p.369

[5] **Xu H., Roy S.N., Hinz B., Müller I.:** *The Thermomechanical Behaviour of Cu-Al-Ni Single Crystal with Shape Memory.* Advanced Materials and Processes, editata de Exner H.A. si Schumacher V., Informationgesellschaft verlag, 1990, p.1357

[6] **Ienciu M., Chirica D., Moldovan P., Cristea I., Ciuca I.:** *Cercetari experimentale asupra aliajelor cu memoria formei.* In: Metalurgia 37, 1985, nr.10, p.533

REVISTA REVISTELOR

Steel Research, *Germania, nr. 6, 1993*

- Determinarea limitelor interfaziee ale solutiei solide de wuustita în contextul încercarilor de reducere, p.279

- Calculul numeric si reprezentarea nedimensionala a câmpurilor de viteza în topitura din oala agitata cu bule, p.286

- Influenta raportului Mn/S asupra ductilitatii otelurilor în timpul turnarii continue, p.292

- Modelarea teoretica a unui sistem izocinetic de alimentare cu otel pentru turnarea benzilor în forma aproape finita, p.300

- Modelarea solidificarii microstructurii la turnarea benzilor subtiri din otel inox printre doi cilindri, p.307

- Formarea zonelor duble de gâtuire în timpul încercarilor la tractiune la cald, p.313

- Ruperea si comportarea la fluaj a otelului martensitic X18CrMoNb11.1 la temperaturi ridicate si dupa o variatie a temperaturii, p.322

ANALIZA METODELOR INTENSIVE DE AMELIORARE A GRADULUI DE UTILIZARE A COMBUSTIBILILOR LA AGREGATELE METALURGICE

Dr. ing. Avram Nicolae, sef de lucrari, ing. Constantin Predescu, asistent universitar
ing. Christian Mihailescu, asistent universitar **Universitatea "Politehnica" Bucuresti**

C.Z.: 621.78.012.8

Utilizarea resurselor secundare

Posibilitatea utilizarii surselor energetice înlocuitoare obtinute prin metode extensive pune problema cheltuielilor cu combustibilul necesar în instalatiile de preîncalzire [1]*

Prin metode intensive sursele energetice înlocuitoare se obtin prin utilizarea (valorificarea) resurselor secundare (R.S.) reprezentate de anumiti agenti (gaze arse, produse tehnologice, agenti de racire etc.) care transporta în afara conturului tehnologic al agregatului diverse potentiale (energetic, tehnologic etc.).

In practica agregatelor metalurgice se deosebesc trei categorii de resurse secundare:

- resurse secundare energetice (RSE), prin care se înteleg agentii ce transporta entalpie;
- resurse secundare energo-combustibile (RSEC), reprezentate de agenti care contin entalpie, precum si substante combustibile (CO, CH_4, H_2);
- resurse secundare energo-tehnologice (RSET), constituite din agenti care transporta entalpie si substante ce pot fi utilizate în diverse procese tehnologice.

In lucrarea de fata se va insista asupra resurselor secundare energetice, care la cuptoarele metalurgice pot fi recuperate în doua trepte.

Recuperarea resurselor secundare energetice în treapta întâi (situatiile III si IV)

Analiza eficientei recuperarii în treapta întâi va avea ca obiect resursa reprezentata de gazele arse evacuate prin canalul de fum care transporta în exteriorul conturului tehnologic entalpia $i_{ga.c}$ Aceasta entalpie este utilizata în cadrul conturului energetic ca sursa de caldura pentru instalatia de preîncalzire a aerului de combustie sau a încarcaturii metalice. Se trage concluzia ca, în situatia exploatarii intensive a agregatului, pentru obtinerea surselor energetice înlocuitoare P_{mat} sau P_a nu se folosesc surse separate de caldura, ci se utilizeaza entalpia resursei secundare.

In situatia în care $K_{met} = 1$, iar gradul de recuperare a entalpiei gazelor arse în instalatia de preîncalzire este φ_{III}, astfel încât: $V_a \cdot i_a = \varphi_{III} \cdot V_{ga} \cdot i_{ga.c}$ se calculeaza ca gradul de utilizare a combustiibilului la preîncalzirea aerului de combustie prin valorificarea entalpiei gazelor arse (situatia III) este:

$$\eta_{U.C_{III}} = \frac{1}{Z_{p.c_{III}}}\left[1 - (1 - \varphi_{III})\frac{\sigma \cdot V_{ga} i_{ga.c}}{H_i}\right] \quad (1)$$

Folosind metodologia adpotata anterior se calculeaza ca se poate realiza o economie de combustibil egala cu:

$$E_{C_{III}} = 1 - \frac{B_2}{B_1} =$$

$$= 1 - \frac{\frac{(z_{p.c_{III}})_2}{(z_{p.c_{III}})_1}\left(1 - \frac{\sigma \cdot V_{gac}}{H_i}\right)}{1 - \frac{\sigma V_{ga} \cdot i_{ga.c}}{H_i}(1 - \varphi_{III})} \quad (2)$$

Influenta pozitiva pe care o are preîncalzirea aerului de combustie pe seama entalpiilor gazelor arse se poate explica nu numai cu ajutorul gradului de înlocuire a sursei energetice de baza ci si prin faptul ca în acest mod se mareste temperatura calorimetrica de ardere a combustibilului de la θ_{c1}, la θ_{c2} ceea ce înseamna cresterea puterii calorice de la $H_{i1} = V_{ga} i_0$ la $H_{i2} = (V_{ga} \cdot i_0 + V_a i_a)$.

Pornind de la aceasta premisa, gradul de utilizare a combustibilului în situatia îmbunatatita se poate stabili si pe baza ecuatiei:

$$\eta_{U.C_{III}} = \frac{1}{z_{p.c_{III}}}\left(1 - \frac{\sigma \cdot V_{ga} \cdot i_{ga.c}}{V_{ga} \cdot i_0 + V_a \cdot i_a}\right) \quad (3)$$

Cresterea temperaturii de ardere la preîncalzirea aerului de combustie atrage atentia asupra faptului ca aceasta metoda nu este eficienta tehnologic la cuptoarele cu temperatura tehnologica de ardere mica (cuptoare de tratament termic, cuptoare de uscare, cuptoare pentru elaborarea unor aliaje neferoase) la care poate aparea pericolul maririi pierderilor prin încalzirea încarcaturii la temperaturi mai mari decât cele necesare tehnologic. La astfel de cuptoare este recomandata folosirea entalpiei gazelor arse la

*) Pentru a se asigura o analiza fluenta a diverselor situatii, lucrarea de fata a fost redactata ca o continuare a lucrarii [1]

preincalzirea incarcaturii. In acest caz (situatia IV) η_{uc} se amelioreaza prin intermediul lui K_{met}:

$$\eta_{u.cIV} = \frac{i}{Z_{p.c_{IV}} \cdot K_{met_{IV}}} \cdot \left(1 - \frac{\sigma \cdot V_{ga} \cdot i_{ga.c}}{H_i}\right) \quad (4)$$

unde, la un grad de recuperare φ_{Ir} in instalatia de preincalzire,

$$K_{met_{IV}} = \left(1 - \frac{P_{mat}}{P_u}\right) = \left(1 - \frac{\varphi_{IV} \cdot V_{ga} \cdot i_{ga.c}}{P_u}\right) (5)$$

Deoarece in situatiile analizate mai sus cresterea coeficientilor η_{uc} este insotita intotdeauna si de o micsorare a consumurilor de combustibil, se poate afirma ca in astfel de cazuri este vorba de grade reale de utilizare a combustibilului.

Recuperarea resurselor secundare energetice în treapta a doua

Daca resursele secundare energetice au temperaturi scazute ele nu pot fi folosite eficient la preincalzirea aerului de combustie, combustibilului sau incarcaturii (recuperarea în treapta întâi).

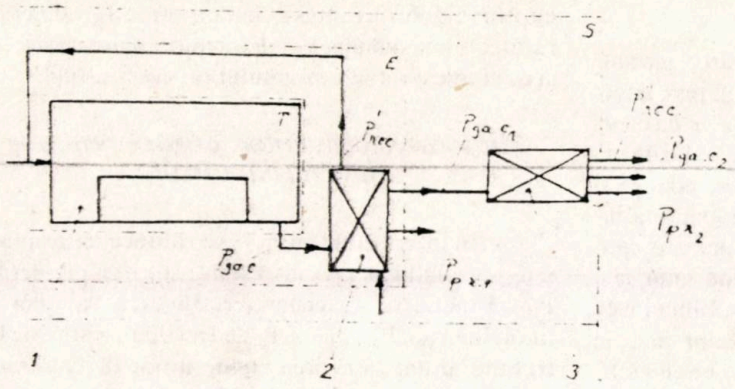
In categoria resurselor energetice de temperatura scazuta (potential energetic redus) intra:

- *gazele arse care parasesc conturul energetic ce cuprinde instalatiile de recuperare în prima treapta; ele introduc în conturul general puterea* $P_{ga.c} = \sigma \cdot V_{ga} \cdot i_{gac}$, *din care se recupereaza* $P_{rec} = \varphi_{III} \cdot \sigma \cdot V_{ga} \cdot i_{gac}$, *pierd în instalatia de recuperare* P_{pr_1} *si parasesc conturul energetic cu puterea* P_{gac_1} *care reprezinta o resursa de potential energetic scazut (fig. 1 a si 1 b);*
- *agentul de racire, care paraseste sistemul de racire cu puterea* P_{rac}, *dar la o temperatura scazuta.*

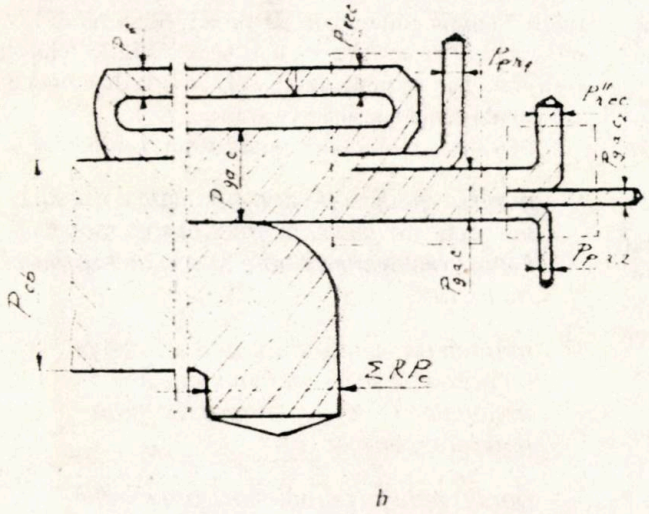
Resursele secundare de potential energetic scazut pot fi utilizate în cadrul conturului de sector al agregatului prin valorificarea în treapta a doua, când se poate recupera puterea P''_{rec}.

In acest sens se fac urmatoarele recomandari:

- *gazele arse pot alimenta un cazan recuperator care sa produca abur destinat altor sectoare sau scopuri; în acest caz din puterea introdusa* P_{gac}, *se recupereaza în mod util* P''_{rec}, *se pierde* P''_{pr_2}, *urmând a se evacua în mediul*



a



b

Fig. 1

Valorificarea resursei secundare reprezentate de entalpia gazelor arse: a - schema functionala; b - diagrama Sankey; T - contur tehnologic; E - contur energetic; S - contur de sector; 1 - spatiul de lucru al agregatului; 2 - instalatie pentru recuperare în treapta întâi; 3 - instalatie pentru recuperare în treapta a doua; $\sum RP_c$ - restul puterilor consumate

The use of secondary resources represented by flue enthalpy: a - operating diagram; b - Sankey diagram; T - technological cycle; E - energy cycle; S - sector cycle; 1 - plant operation environment; 2 - 1 - st step recovery plant; 3 - 2 - nd step recovery plant; $\sum RP_c$ - consumed power rest

înconjurator puterea P_{gac_2} (fig.1b);

- *apa de racire de temperatura scazuta poate fi utilizata ca apa de încalzire sau apa menajera în cadrul sectorului;*
- *eficienta utilizarii apei de racire poate creste daca sistemele de racire clasice, din care apa iese cu temperaturi de 40...60^{0}C, sunt înlocuite cu racirea prin vaporizare care furnizeaza abur.*

Eficienta recuperarii în treapta a doua este reflectata de economiile de energie primara care se realizeaza la nivel de sector, economii evaluate prin calcule.

Intensificarea proceselor termice în conturul tehnologic

Analiza metodei precedente (utilizarea gazelor arse în afara conturului tehnologic) arata, prin intermediul existentei unui grad de recuperare φ ca energia acestei resurse secundare nu poate fi valorificata în totalitate. La acest neajuns principal se adauga si cheltuielile legate de constructia si exploatarea instalatiilor de recuperare. Din aceste succinte consideratii se trage concluzia ca un mijloc mult mai eficient de utilizare rationala a combustibilului este utilizarea la maximum a entalpiei gazelor arse în spatiul de lucru al cuptorului (conturul tehnologic).

Conducând analiza energetica în baza expresiei gradului de utilizarea a caldurii se întrevad urmatoarele posibilitati de intensificare a proceselor tehnologice: micsorarea entalpiei gazelor arse evacuate din cuptor, îmbogatirea aerului de combustie în oxigen si micsorarea pierderilor termice spre mediul înconjurator.

a) Micsorarea entalpiei gazelor arse evacuate din spatiul de lucru

Studiind expresia lui η_{uc}, acest deziderat înseamna practic micsorarea entalpiei $i_{ga.c}$, la valori minime posibile în functie de restrictii de natura tehnologica sau tehnica. In contextul mijloacelor ce vizeaza intensificarea proceselor termo- tehnologice, micsorarea entalpiei gazelor evacuate (determinata prin temperatura de evacuare $\theta_{ga.ev}$) se poate realiza pe doua cai.

O prima cale este caracteristica agregatelor tip camera si consta în recircularea (naturala sau artificiala) a gazelor arse.

Dupa cum este cunoscut, prin aceasta metoda este posibila coborârea temperaturii gazelor arse din cuptor pâna la limita admisibila tehnologic si termic;

$$\theta_{ga.ev} = \theta_{mat} + (20...40^0C)$$

O a doua cale este oferita de modul de functionare a agregatelor de tip tunel pentru încalzire sau de agregate verticale pentru elaborare, care lucrând pe principiul schimbatoarelor de caldura în contra curent, permit scaderea $\theta_{ga.ev}$ în spatiul de lucru la temperaturi foarte scazute (în unele cazuri la cca 300^{0}C), fapt care determina valori ridicate pentru η_{uc}.

b)Imbogatirea aerului de combustie

Masura cunoscuta de intensificare a proceselor de ardere a combustibililor, îmbogatirea în oxigen a aerului de combustie (marirea lui r_{O2} în aer de la 21% la cca 30%, sau chiar mai mult în ultimul timp) are drept consecinta marirea temperaturii de ardere, aceea care determina cresterea puterii calorice, prin micsorarea volumului gazelor arse, V_{ga}, evacuate din cuptor. Conform expresiei matematice a gradului η_{uc}, reducerea volumului V_{ga} determina marirea acestuia si deci micsorarea consumului de combustibil.

Micsorarea pierderilor termice prin constructia cuptorului

Prin intermediul lui $\gamma_{p.c}$, se deduce ca asupra lui η_{uc} are influenta pozitiva si micsorarea pierderilor, P_{pc}. Practic se recomanda reducerea valorilor articolelor $P_{p.z}$, P_{az}, P_{rad} si $P_{ga.n}$.In ceea ce priveste $P_{a.r}$ trebuie aratat ca racirea elementelor de constructie suprasolicitate termic are drept rezultat marirea durabilitatii constructiei aerului. Analiza eficientei economice arata ca în acest caz economiile rezultate prin marirea durabilitatii sunt mai mari decât cheltuielile suplimentare date de pierderile termice $P_{a.r}$, motiv pentru care racirea este o solutie tehnica rationala (nu se pune deci problema reducerii ei în conturul tehnologic al agregatului).

Micsorarea lui $P_{p.z}$ se poate realiza prin:

- *marirea gradului de compactitate a constructiei, ceea ce înseamna micsorarea raportului $F_z/V_{s.1}$ dintre aria zidariei si volumul spatiului de lucru;*
- *marirea rezistentei termice a zidariei prin utilizarea pe scara tot mai mare a materialelor termoizolatoare din grupa fibrelor ceramice;*
- *pentru reducerea radiatiei spre mediul înconjurator la cuptoarele cu temperatura exterioara a zidariei $\theta_e > 100^0$C, se recomanda vopsirea mantalei metalice cu bronz de aluminiu sau varuirea zidariei în alb.*

Pentru micsorarea lui P_{az} se porneste de la faptul ca în afara relatiei de calcul cunoscute, se demonstreaza ca:

$$P_{az} \sim \sqrt{\rho_z \cdot c_{p.z} \cdot \lambda_z \cdot \tau_1 \cdot \tau_2} \qquad (4)$$

unde ρ, c_p si λ sunt proprietatile materialelor (respectiv densitatea, caldura specifica si coeficientul de conductibilitate termica) din care este executata zidaria, iar τ_1 si τ_2 sunt duratele perioadelor tehnologice de incalzire si de racire. In baza acestei dependente se pot recomanda urmatoarele masuri pentru reducerea energiei acumulate în zidarie la cuptoarele cu functionare ciclica:

- utilizarea materialelor termoizolatoare de tipul fibrelor ceramice;
- micsorarea duratei de racire a zidariei prin masuri de ordin organizatoric sau tehnic cum este de exemplu constructia cuptoarelor pentru tratamentele termice cu doua vetre (fig.2);

în timp ce o vatra se afla în cuptor pentru incalzire, cealalta este deja încarcata pentru a fi introdusa imediat în cuptor.

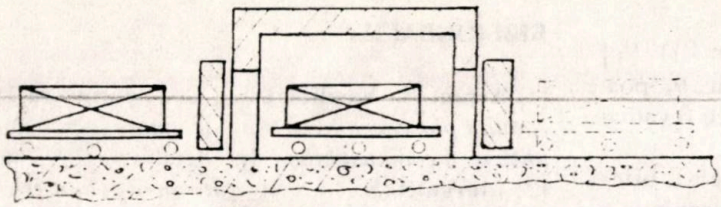


Fig. 2

Constructia si organizarea exploatarii unui cuptor în vederea micsorarii energiei acumulate în zidarie
Structure and operation of a furnace reducing wall accumulated energy

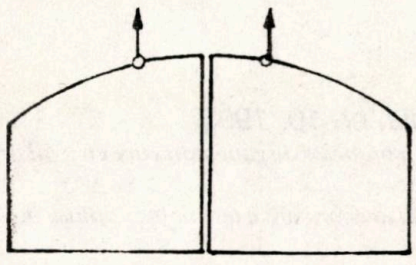


Fig. 3

Solutie pentru reducerea pierderilor datorate radiatiei prin orificiile de lucru
Solution to reduce losses by radiation through work openings

Pe baza relatiei de calcul a lui P_{rad} se pot recomanda urmatoarele masuri de micsorare a acestei calduri:

♦ reducerea la minimum a timpului de deschidere a orificiului;

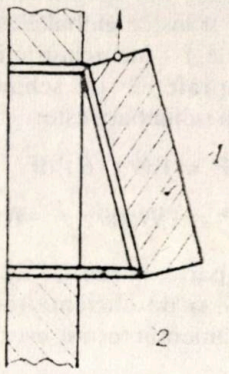


Fig. 4

Recomandare pentru micsorarea pierderilor $P_{ga.n}$
Suggestion to reduce $P_{ga.n}$ losses

♦ micsorarea la minimum a înaltimii de ridicare a usii;

♦ reducerea ariei radiante prin confectionarea usii din doua bucati (fig.3) si ridicarea, dupa necesitati a uneia sau a ambelor bucati.

Micsorarea lui $P_{ga.n}$ se poate pune în practica prin urmatoarele mijloace:

♠ masurile mentionate mai sus pentru reducerea lui P_{rad};

♠ fixarea usii cuptorului în pozitia înclinata (fig.4).

Marirea gradului de utilizarea a combustibilului prin intensificarea proceselor de transfer termic si tehnologice.

Intensificarea în spatiul de lucru al transferului de caldura între agentul termic (gaze arse) si încarcatura si a proceselor tehnologice determina marirea puterii termice P_u introduse în conturul încarcaturii, ceea ce înseamna micsorarea duratei procesului de fabricatie, adica în ultima instanta, marirea productivitatii agregatului si reducerea consumului specific de combustibil.

In ceea ce priveste analiza cantitativa a influentei transferului termic trebuie aratat ca pâna în prezent teoria cuptoarelor nu a reusit sa rezolve satisfacator aceasta chestiune.

Incercarile efectuate în acest sens se bazeaza pe aplicarea teoriei schimbatoarelor de caldura la schimbul termic dintre gazele arse ce alcatuiesc atmosfera de lucru si încarcatura.

Pentru reducerea restrictiilor ce apar în timpul analizei se admite ca $\sum P_{li} = P_{cb}$ si atunci, analiza gradului η_{uc} poate fi sustinuta prin analiza randamentului termic.

Un prim aspect la care se apeleaza este ca în modelarea matematica a proceselor de schimb de caldura se porneste de la ecuatia repartitiei energiilor

în câmpurile celor doi agenti. Astfel, în functie de coeficientul de transfer global K, de echivalentii în apa, W (indicele 1 - încarcatura; indicele 2- gazele arse) si de suprafetele de schimb de caldura F, puterea termica schimbata este:

$$dP = K(\theta 2 - \theta 1)dF \quad (5)$$

$$dP = - W_2 d\theta_2 = - W_1 d\theta_1$$

Pe de alta parte, în functie de randamentul termodinamic η_{td} si de eficienta termica ε a schimbatorului, randamentul termic este:

$$\eta_t = \eta_{td} \cdot \varepsilon \quad (6)$$

Este cunoscut ca $\eta_{td} = f(W_1/W_2)$, iar $\varepsilon = f(KF/Wmin)$.

In acelasi timp se poate arata ca:

$$\frac{W_2}{W_1} = \frac{\theta_s}{\eta_t} \quad (7)$$

In acesta relatie, criteriul $\theta_s = |(\theta_1'' - \theta_1') / \theta_c|$ scris în functie de temperatura calorimetrica θ_c, poate fi considerat ca impus tehnologic, deci cu o valoare constanta în analiza care se face.

Pe baza relatiilor de mai sus se stabilesc premisele cantitative care arata ca randamentul η_t poate fi influentat pozitiv prin parametrii procesului de schimb de caldura: (W_2/W_1), K si F sau mai exact, de complexul $Z = KF/W_2$.

Se constata ca si în acest caz exista posibilitati extensive (prin aria F) si cai intensive (prin coeficientul K).

Trebuie de asemenea mentionat ca dependenta dintre η_t si intensitatea schimburilor termice este interschimbabila. Astfel din relatia (7) se poate deduce ca masurile care determina marirea lui η_t conduc, prin micsorarea lui (W_2/W_1), la intensificarea fenomenelor de transfer de caldura.

Referitor la rolul intensificarii proceselor tehnologice metalurgice trebuie aratat ca analiza lor nu face obiectul lucrarii de fata, dar trebuie retinut ca acest mijloc, prin marirea productivitatii agregatelor, constituie o cale eficienta moderna pentru reducerea consumurilor de combustibil.

Un caz aparte în acest context îl constituie utilizarea rationala a lui P_{ex}, ca sursa energetica înlocuitoare obtinuta prin procedee tehnologice. In unele cazuri (cuptoarele de tip convertizor), P_{ex} poate înlocui total P_{cb}.

BIBLIOGRAFIE

[1] **Avram N., Vasilica Dina, Constantinescu Dan:** *Analiza procedeelor extensive de marire a gradului de utilizare a combustibililor.* In: Metalurgia, 1993, nr.4

[2] **Murgulet N.** s.a.: *Agregate si instalatii termice metalurgice.* Litografia I.P.B., Bucuresti, 1988

[3] **Lisienko V.G., Lobanov V.I., Kitaev B.I.:** *Teplofizika metallurghiceskih protessov, Moscova,* Metallurghiia, 1982

REVISTA REVISTELOR

Steel Research, *Germania, nr. 10, 1993*

Cercetari de laborator ale fenomenului de umflare si spumare a probelor de ganga sintetice cu oxid de fier, p.491

Cinetica reducerii oxidului de molibden din zgura, p.495

Analiza deformatiei redundante în timpul procesului combinat de fabricare a tevilor fara sudura în instalatii de laminare cu trei cilindri si dorn, p.505

Influenta rezistentei austenitei asupra temperaturii de transformare martensitica, M_3, p.509

Comportarea la revenire a unui otel bifazic slab aliat, p.513

Efectele cromului asupra fragilizarii la revenire si rezistentei la uzura a otelului turnat slab aliat, cu 0,25% C, p.517

Efectul Bauschinger în suruburile cu rezistenta mare la tractiune, p.522

Comportarea la fisurare la coroziune sub tensiune a otelului inox în privinta utilizarii lui în arhitectura; partea a 2-a: coroziunea în stare pasiva, p.526

ASPECTE ALE CINETICII GLOBALE A CARBURARII ÎN MEDII CONTROLATE. INFLUENTA TEMPERATURII

Dr. ing. Toma Vasile, sef de lucrari, Universitatea "Politehnica" Bucuresti

C.Z.: 661.785

Dependenta cineticii globale (grosimea stratului) la carburarea în medii controlate de diferiti factori presupune determinarea experimentala a grosimii stratului carburat în conditii bine stabilite care sa permita obtinerea unor rezultate ce vor caracteriza parametrul urmarit. Astfel, în lucrarea de fata experimentarile efectuate au urmarit influenta temperaturii asupra cineticii globale a carburarii în medii controlate. Experimentarile se fac la diferite temperaturi de carburare mentinând durata si potentialul de carburare constante. Astfel, grosimea stratului carburat poate fi exprimata prin relatia:

$$S = f(T)_{t,\pi_c} \qquad (1)$$

Materialul si metodica de cercetare

Metodica de lucru este cea prezentata în lucrarea [1], experimentarile fiind efectuate pe probe specifice de carburare, într-o instalatie IPSEN cu atmosfera endo cu 3% CH_4 adaos. Otelurile utilizate sunt OLC15, 15Cr08 si 21MoMnCr12. Experimentarile, precum si rezultatele acestora s-au executat la parametrii prezentati în tabelul 1.

Tabelul 1

Dependenta grosimii *s* a stratului carburat de potentialul de carbon, temperatura si de durata de carburare
Case thickness dependence on C potential, temperature and time

Potential de carbon, %	Temperatura, K (°C)											
	1123 K (850°C)				1198 K (925°C)				1273 K (1000°C)			
	Durata, ore											
	2	4	6	8	2	4	6	8	2	4	6	8
	Grosimea stratului, mm											
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
											OLC 15	(a)
0,8	0,34	0,48	0,59	0,69	0,50	0,71	0,87	1,01	0,72	1,02	1,23	1,45
1,0	0,38	0,54	0,65	0,77	0,57	0,80	0,98	1,14	0,80	1,14		1,62
1,2	0,44	0,62	0,74	0,88	0,64	0,91	1,10	1,27	0,8	1,25	1,38	1,77
											15 Cr 08	(b)
0,8	0,29	0,41	0,50	0,58	0,44	0,62	0,77	0,87	0,4	0,90	1,52	1,29
1,0	0,33	0,47	0,51	0,66	0,55	0,71	0,8	1,01	0,73	1,03	1,11	1,45
1,2	0,38	0,53	0,66	0,75	0,56	0,79	0,97	1,12	0,80	1,13	1,27	1,59
											21 MoMnCr 12	(c)
0,8	0,27	0,38	0,47	0,54	0,41	0,58	0,71	0,82	0,58	0,82	1,39	1,16
1,0	0,30	0,42	0,52	0,59	0,46	0,65	0,79	0,92	0,8	0,96	1,00	1,36
1,2	0,34	0,48	0,59	0,68	0,51	0,72	0,88	1,02	0,76	1,08	1,18	1,53

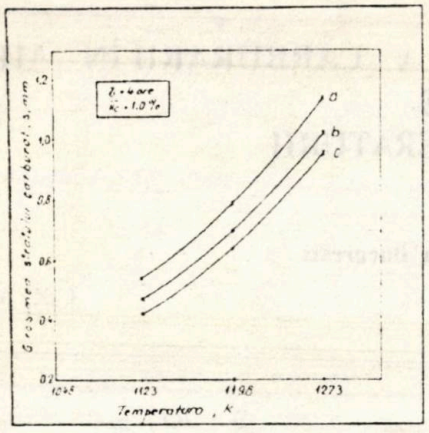


Fig. 1

Dependenta grosimii s a stratului carburat de temperatura:
a - OLC 15 ; b - 15 Cr 08; c - 21 MoMnCr12
Case thickness dependence on temperature: a - OLC 15 ;
b - 15 Cr 08; c - 21 MoMnCr12

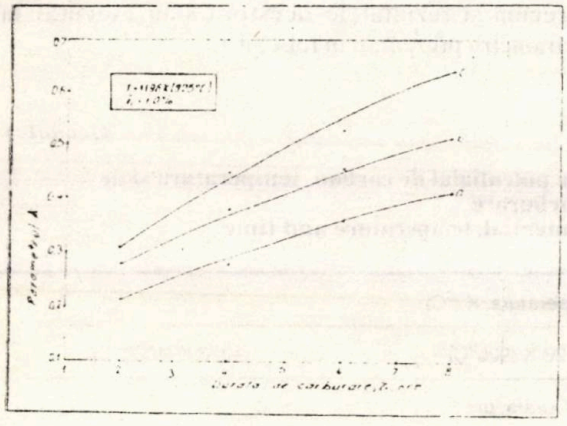


Fig. 2

Dependenta parametrului A de durata de carburare: a - OLC 15 ;
b - 15 Cr 08; c - 21 MoMnCr12
A parameter dependence on carburazing time: a - OLC 15;
b - 15Cr 08; c - 21 MoMnCr12

Rezultatele experimentarilor

Potrivit rezultatelor din tabelul 1, dependenta grosimii stratului s, de temperatura T este reprezentata în figura 1. Aceasta dependenta a grosimii stratului de temperatura, poate fi exprimata matematic printr-o relatie de forma:

$$S = Ae^{\frac{B}{T}} \qquad (2)$$

Marimea B este legata de energia de activare necesara deplasarii spre miezul piesei a interfetei dintre zona carburata si miez.

Ca urmare a dependentei grosimii s de temperatura, potentialul de carbon si compozitia chimica a otelului este data de factorul $e^{\frac{B}{T}}$.

Marimea A depinde numai de durata de carburare τ, pentru C_{ech} constant, A fiind proportional cu $\tau^{0,5}$ [2]. In acest mod, dependenta de timp a grosimii s a stratului carburat este data de factorul A, iar dependenta de temperatura de factorul exponential.

Datele experimentale din tabelul 1 confirma ca s depinde de temperatura, potrivit relatiei (2). Intr-adevar considerând cele trei oteluri, reprezentarea grafica a variatiei grosimii stratului s, în functie de temperatura T, pentru τ si π_c constante este data în figura 1, rezultând curbe care sunt definite matematic de relatia (2).

Conform relatiei (3) se obtine:

$$S = a \cdot \tau^{b} \qquad (3)$$

Astfel, caracterizarea cantitativa a influentei duratei de carburare τ asupra grosimii s a stratului carburat se face cu ajutorul parametrului a (pentru C_{ech} constant, b = 0,5), potrivit relatiei (2) caracterizarea cantitativa a influentei temperaturii asupra grosimii S a stratului se face prin parametrul A (parametrul B fiind legat de energia de activare este influentat, în principal, numai de compozitia chimica a otelului).

Valorile parametrilor A si B sunt determinate experimental din datele continute în tabelul 1 si prezentate în tabelul 2, pentru π_c = 1,0%C. Din acest tabel rezulta ca parametrul A variaza parabolic cu timpul τ, respectiv.

$$A \approx \tau^{0,5} \qquad (4)$$

Aceasta relatie confirma concluziile mentionate anterior, ca parametrul A este determinat în principal de durata de carburare, dar asa cum rezulta din tabelul 2 el este dependent si de potentialul de carburare precum si de compozitia chimica a otelului. Dependenta cantitativa a parametrului A de durata de carburare, precum si influenta compozitiei chimice asupra acestui parametru este prezentata în figura 2. Datele din tabelul 2 confirma ca parametrul B depinde în principal de compozitia chimica.

Concluzii

Determinarile prezentate au scos în evidenta faptul ca o caracterizare cantitativa a influentei temperaturii asupra cineticii globale a carburarii în medii controlate se poate face cu ajutorul relatiei (2). Analiza factorilor A si B ofera date valoroase cu privire la parametrii ce influenteaza direct acesti factori. Astfel, factorul A depinde în principal de durata, si apoi de potentialul în carbon si compozitia otelului, iar factorul B în principal de compozitia otelului.

Tabelul 2

Parametrii A si B pentru $\pi_c = 1{,}0\ \%$

A and B parameters for $\pi_c = 1{,}0\ \%$

Otelul	Temperatura K (°C)																							
	1123 K (850°C)								1198 K (925°C)								1273 K (1000°C)							
	Durata, ore																							
	2		4		6		8		2		4		6		8		2		4		6		8	
	Parametrii A si B																							
	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B
OLC15	210	3081	281	3048	366	3090	417	3069	210	3081	281	3048	366	3090	417	3069	210	3081	281	3048	366	3090	417	3069
15 Cr 08	281	3290	381	3270	456	3260	511	3244	281	3290	381	3270	456	3260	511	3244	281	3290	381	3270	456	3260	511	3244
MoMnCr12	311	3386	452	3405	533	3381	641	3410	311	3386	452	3405	533	3381	641	3410	311	3386	452	3405	533	4381	641	3410

BIBLIOGRAFIE

[1] **T.Vasile**: Teza de doctorat, 1992

[2] **N. Geru, T. Vasile**: Aspecte cantitative ale cineticii globale la carburarea în medii controlate, influenta parametrilor temporari. **In**: Metalurgia, nr. 3, 1994

[3] **Koslovskii I.S. Kolinin A.T.** s.a.: In: Metal. Sci. Heat. Treatment, S.U.A., 1967, nr.3 p.157

[4] **Jogender S., Nazunnder I.**: In: Metall. Trans., Vol. 18N, nr.2, S.U.A., 1987

[5] **Nev.R.W., Huseyin S.**: In: Metall. Trans., Vol.22 A, nr.7,1991 p.1491

CONFERINTE, CONGRESE

SEAISI 1995

22 -24 mai 1995, Penang, Malaezia

"A 39-a Conferinta a SEAISI" se va concentra pe realizarile recente în laminare si în tehnologiile din avalul ei si/sau pe utilizarea produselor din otel.

Subiecte abordate: tehnologii de laminare cu mare productivitate pentru calitate superioara si reducere a cheltuielilor. Tehnologii de proces pentru semifabricate-decapare, recoacere. Tehnologii de proces pentru produse finite - forjare, trefilarea sârmei etc. Asigurarea calitatii. Extinderea utilizarii produselor din otel. Perfectionarea tehnologiei de laminare pentru noi produse din otel.

Scaninject VII

7 - 8 iunie 1995, Luleå/ Suedia

"A 7-a Conferinta asupra proceselor de rafinare" se va ocupa de toate aspectele tratamentului otelului lichid si fontei în oala.

Subiecte: Tehnologia insuflarii. Metalurgia în vid. Tehnologii de agitare. Tehnologii de control al procesului si de masurare. Metalurgia în distribuitor si în cristalizor.

Oteluri inox 1996

3 - 5 iunie 1996, Düsseldorf, Neuss/ Germania

"Oteluri inox'96" este o conferinta internationala organizata de Institutul siderurgistilor germani, VDEh, datorita importantei otelurilor inox în tot mai multe aplicatii. Ea va asigura producatorilor, consumatorilor si prelucratorilor de otel inox si organizatiilor asociate de cercetare/dezvoltare un forum de schimb de informatii.

Subiecte de discutie: Proprietatile si fabricarea otelurilor inox. Proprietatile mecanice. Rezistenta la coroziune. Sudabilitatea. Ductilitatea. Finisarea suprafetei. Tehnologia folosirii otelurilor inox. Mediul si otelurile inox. Noi procedee de îmbunatatire a proprietatilor de utilizare.

Conferinta va fi însotita de o expozitie referitoare la ultimile realizari si produse în domeniul otelurilor inox.

EIC 1996 - Elaborarea fontei si a cocsului

16-18 septembrie 1996, Ghent/ Belgia

Al 3-lea Congres European pentru elaborarea fontei" si "Al 3-lea Congres international pentru elaborarea cocsului" vor aborda urmatoarele subiecte: "Congresul al 3-lea european pentru elaborarea fontei".

Proceduri avansate de insuflare si functionare cu cantitati mici de cocs.Prepararea încarcaturii furnalului. Detalii de exploatare a furnalului pentru cresterea duratei campaniei.

Congresul al 3-lea international pentru elaborarea cocsului. Functionarea, aparatura si automatizarea cocseriei. Epurarea gazelor si noi echipamente pentru elaborarea conventionala a cocsului. Controlul poluarii.

Sesiuni comune: Calitatea cocsului - cerintele furnalistului si punctul de vedere al cocsarului. Alte metode de elaborare a fontei si noi tehnologii de cocsificare.

In Polonia se va construi o masina de turnat continuu bilete.

Danieli, Buttrio, Italia, a primit o comanda de la Impexmetal, Polonia, de construire a unei masinii de turnare continua a 6 fise bilete la Huta Zawiercie. Masina va produce oteluri de constructii si speciale pentru nituri, suruburi, lanturi, sârma trefilata si rulmenti.

Cristalizorul va avea agitator electromagnetic realizat de Danieli Rotelec. Turnarea va fi complet automatizata. Biletele realizate vor fi de 100x100 mm la 160x160 mm si cu diametrul de 160 mm. Otelul va veni dintr-un cuptor oala. Punerea în functiune este planificata pentru martie 1995.

CONSIDERATII PRIVIND CINETICA GLOBALA A CARBURARII ÎN MEDII CONTROLATE. INFLUENTA POTENTIALULUI DE CARBON

Dr. ing. Toma Vasile, sef de lucrari, Universitatea "Politehnica" Bucuresti

C.Z.: 661.785

Lucrarea îsi propune sa ia în discutie influenta potentialului de carbon (un alt factor important) asupra cineticii globale a carburarii în medii controlate.

Materialul si metodica de lucru

Experimentarile s-au efectuat pe probe specifice de carburare, într-o instalatie IPSEN cu atmosfera endo cu 3% adaos, dupa metodica prezentata în lucrarea [1]. S-au folosit trei oteluri de cementare: OLC15, 15Cr08 si 21MoMnCr12.

Experimentarile, precum si rezultatele acestora s-au efectuat la parametrii prezentati în tabelul 1.

Rezultatele experimentarilor

Rezultatele experimentarilor sunt prezentate în tabelul 1 din care rezulta dependenta grosimii S a stratului carburat de potentialul de carbon. Considerând temperatura si durata de carburare constante, dependenta grosimii S a stratului carburat de

Tabelul 1

Dependenta grosimii *s* a stratului carburat de potentialul de carbon, temperatura si de durata de carburare
Case thickness dependence on C potential, temperature and time

Potential de carbon, %	Temperatura, K (°C)											
	1123 K (850°C)				1198 K (925°C)				1273 K (1000°C)			
	Durata, ore											
	2	4	6	8	2	4	6	8	2	4	6	8
	Grosimea stratului, mm											
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
											OLC 15 (a)	
0,8	0,34	0,48	0,59	0,69	0,50	0,71	0,87	1,01	0,72	1,02	1,23	1,45
1,0	0,38	0,54	0,65	0,77	0,57	0,80	0,98	1,14	0,80	1,14	1,38	1,62
1,2	0,44	0,62	0,74	0,88	0,64	0,91	1,10	1,27	0,86	1,25	1,52	1,77
											15 Cr 08 (b)	
0,8	0,29	0,41	0,50	0,58	0,44	0,62	0,77	0,87	,64	0,90	1,11	1,29
1,0	0,33	0,47	0,51	0,66	0,55	0,71	0,86	1,01	0,73	1,03	1,27	1,45
1,2	0,38	0,53	0,66	0,75	0,56	0,79	0,97	1,12	0,80	1,13	1,39	1,59
											21 MoMnCr 12 (c)	
0,8	0,27	0,38	0,47	0,54	0,41	0,58	0,71	0,82	0,58	0,82	1,00	1,16
1,0	0,30	0,42	0,52	0,59	0,46	0,65	0,79	0,92	0,68	0,96	1,18	1,36
1,2	0,34	0,48	0,59	0,68	0,51	0,72	0,88	1,02	0,76	1,08	1,31	1,53

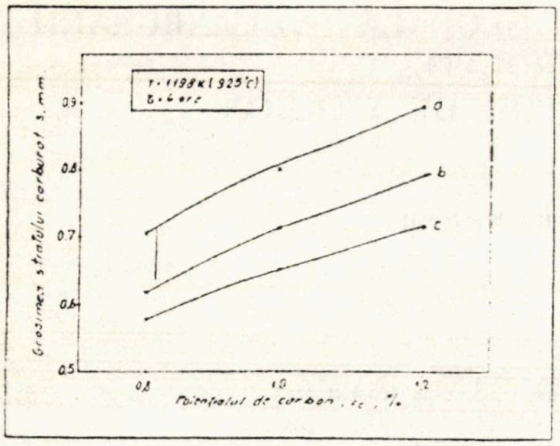


Fig. 1

Dependenta grosimii s a stratului carburat de potentialul de carbon; a - OLC 15 ; b - 15 Cr 08; c - 21 MoMnCr12
Case thickness dependence on C potential

potentialul de carbon π_c, este reprezentata grafic in figura 1. Tot aici se poate observa si comportarea otelurilor analizate pentru diferite valori ale potentialului de carburare, si cum era si firesc, cu cresterea potentialului de carburare va creste si grosimea stratului carburat.

Concluzii

Experimentarile efectuate au scos in evidenta si influenta potentialului de carburare asupra cineticii globale a carburarii in medii controlate.

BIBLIOGRAFIE

[1] **T.Vasile**. Teza de doctorat. Bucuresti 1992
[2] **Dawson W.M , Sole R.F**. In: Metall. Trans., S.U.A., 1980, Vol.11, p.1849
[3] **Jagender S. , Mazunnder J.**: In: Metall. Trans., S.U.A., 1987, Vol.18A, nr.2

CONFERINTE CONGRESE

Stahl und Eisen, *Germania, nr.10, 1993*

- Care sunt cerintele securitatii europene (lucrare prezentata la Congresul " **Eisenhütte Südwest** *" - VDEh - 7.V.'93 -* **Saarbrücken**), *p.35*
- Strategia gospodaririi energiei si nivelul tehnic al instalatiilor aferente, la Phenssag Stahl AG. (lucrare prezentata la Congresul siderurgistilor germani - VDEh - 12.XI.1992 - **Düsseldorf**), *p.43*
- Îmbunatatirea durabilitatii caramizilor refractare usoare si a arzatoarelor radiante de bolta, p.53
- Îmbunatatirea conducerii cuptoarelor de trecere pentru încalzire prin simulare "off line" si autoadaptare, p.63
- Cuptoarele electrice cu arc, in curent continuu, existente în lume, p.71
- Comportarea la uzura a materialelor refractare, la turnarea otelurilor tratate cu calciu, p.73
- Automatizarea unui laborator de otelarie, p.77
- Determinarea spectroscopica cu laser a carbonului si sulfului continute în probele de metal, p.83
- Determinarea "on line" a caracteristicilor materialelor la tabla subtire laminata la rece, p.93
"Bake - Hardening" - O posibilitate de crestere controlata a rezistentei tablelor subtiri, p.101
- Noul punct central de dirijare pentru exploatarea feroviara de la societatea Eisenbahn und Hafen G.m.b.H (A. Thyssen), p.109
- Mannesmann Demag Hüttentechnik, p.113
- Pahnke Engineering la 20 de ani, p.117
- Are industria siderurgica europeana un viitor?, p.119
- Managementul de calitate. Efecte economice si orientare strategica, p.127
- Programul Congresului siderurgistilor germani " **Eisenhüttentag 1993** *", 11-12 XI 1993 -* **Düsseldorf**, *p.4*
- Programul Colocviului organizat pe grupe de lucru VDEh: "Oteluri refractare si materiale pentru temperaturi înalte", p.18
- Programul tematic pentru:

- A doua conferinta europeana pentru turnarea continua si
- A sasea conferinta internationala de laminoare pentru produse plate, care vor avea loc la Düsseldorf, între 20 si 22 VI 1994, p.20

- Scurte informatii tehnice, p.27-32

CONSIDERATII PRIVIND CINETICA FORMARII STRATURILOR CARBURATE

Dr. ing. Toma Vasile, sef de lucrari, Universitatea "Politehnica" Bucuresti

C.Z.: 661.785

In lucrarile anterioare au fost prezentate consideratii cu privire la influenta diferitilor factori asupra cineticii globale a carburarii în medii controlate. Astfel, curbele de variatie a grosimii S a stratului carburat în functie de temperatura, timp si potential de carbon pot fi folosite si pentru studierea cineticii formarii straturilor carburate, respectiv pentru determinarea vitezelor la care se formeaza aceste straturi.

Considerând viteza medie orara $\bar{V}_t$ (viteza cu care se formeaza stratul carburat până într-un moment dat $\tau = i$, ore) definita prin relatia:

$$\bar{V}_t = \frac{S_i}{\tau_i}, \text{ mm/h} \qquad (1)$$

unde: S_i - este grosimea stratului carburat până în momentul $\tau = i$.

Valoarea acestei viteze în functie de diferiti parametri termodinamici, chimici etc. obtinuta cu ajutorul datelor experimentale din tabelul 1 este data în tabelul 2. Cu datele din acest tabel se pot constitui diagramele:

$$\bar{V}_t = f_1(T)_{t,\tau} \quad \text{si} \quad \bar{V}_t = f_2(t)_{T,\tau}$$

Tabelul 1

Dependenta grosimii *s* a stratului carburat de potentialul de carbon, temperatura si de durata de carburare
Case thickness dependence on C potential, temperature and time

Potential de carbon, %	Temperatura, K (°C)											
	1123 K (850°C)				1198 K (925°C)				1273 K (1000°C)			
	Durata, ore											
	2	4	6	8	2	4	6	8	2	4	6	8
	Grosimea stratului, mm											
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
											OLC 15	(a)
0,8	0,34	0,48	0,59	0,69	0,50	0,71	0,87	1,01	0,72	1,02	1,23	1,45
1,0	0,38	0,54	0,65	0,77	0,57	0,80	0,98	1,14	0,80	1,14	1,38	1,62
1,2	0,44	0,62	0,74	0,88	0,64	0,91	1,10	1,27	0,86	1,25	1,52	1,77
											15 Cr 08	(b)
0,8	0,29	0,41	0,50	0,58	0,44	0,62	0,77	0,87	,64	0,90	1,11	1,29
1,0	0,33	0,47	0,51	0,66	0,55	0,71	0,86	1,01	0,73	1,03	1,27	1,45
1,2	0,38	0,53	0,66	0,75	0,56	0,79	0,97	1,12	0,80	1,13	1,39	1,59
											21 MoMnCr 12	(c)
0,8	0,27	0,38	0,47	0,54	0,41	0,58	0,71	0,82	0,58	0,82	1,00	1,16
1,0	0,30	0,42	0,52	0,59	0,46	0,65	0,79	0,92	0,68	0,96	1,18	1,36
1,2	0,34	0,48	0,59	0,68	0,51	0,72	0,88	1,02	0,76	1,08	1,31	1,53

Tabelul 2

Viteza medie orara de crestere a stratului carburat

Average hourly rate of case thickness increase

Potentialul de carbon	Temperatura K (°C)																									
	1123 K (850°C)								1198 K (925°C)								1273 K (1000°C)									
	Durata, ore																									
	2		4		6		8		2		4		6		8		2		4		6		8			
	S	V	S	V	S	V	S	V	S	V	S	V	S	V	S	V	S	V	S	V	S	V	S	V	S	V
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24		
																									OLC15	
0,8	0,34	0,17	0,48	0,12	0,59	0,09	0,69	0,08	0,50	0,25	0,71	0,17	0,87	0,14	1,01	0,12	0,72	0,36	1,02	0,25	1,23	0,20	1,45	0,18		
1,0	0,38	0,19	0,54	0,13	0,66	0,11	0,77	0,09	0,57	0,28	0,80	0,20	0,98	0,16	1,14	0,14	0,80	0,40	1,14	0,28	1,38	0,23	1,62	0,20		
1,2	0,44	0,22	0,62	0,15	0,74	0,12	0,88	0,11	0,64	0,32	0,90	0,22	0,10	0,18	1,27	0,16	0,88	0,44	1,25	0,31	1,52	0,25	1,77	0,22		
																									15 Cr 08	
0,8	0,29	0,14	0,41	0,10	0,50	0,008	0,58	0,07	0,44	0,22	0,62	0,15	0,77	0,13	0,87	0,11	0,64	0,32	0,90	0,22	1,11	0,18	1,29	0,16		
1,0	0,33	0,16	0,47	0,12	0,57	0,009	0,66	0,08	0,50	0,25	0,71	0,18	0,86	0,14	1,01	0,12	0,73	0,36	1,03	0,26	1,27	0,21	1,45	0,18		
1,2	0,38	0,19	0,53	0,13	0,66	0,011	0,75	0,09	0,56	0,26	0,79	0,20	0,97	0,16	1,12	0,14	0,80	0,40	1,13	0,28	1,39	0,23	1,59	0,20		

Tabelul 2 (continuare)

Viteza medie orara de crestere a stratului carburat

Average hourly rate of case thickness increase

Potentialul de carbon	Temperatura K (°C)																								
	1123 K (850°C)									1198 K (925°C)				1273 K (1000°C)											
	Durata, ore																								
	2		4		6		8		2		4		6		8		2		4		6		8		
	s	v	s	v	s	v	s	v	s	v	s	v	s	v	s	v	s	v	s	v	s	v	s	v	
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	
																								21 Mo Mn Cr 12	
0,8	0,27	0,13	0,38	0,09	0,47	0,08	0,54	0,067	0,41	0,20	0,58	0,14	0,71	0,12	0,82	0,10	0,58	0,29	0,82	0,20	1,00	0,17	1,16	0,14	
1,0	0,30	0,15	0,42	0,10	0,52	0,09	0,59	0,073	0,46	0,23	0,65	0,16	0,79	0,13	0,92	0,11	0,68	0,34	0,96	0,24	1,18	0,20	1,36	0,17	
1,2	0,34	0,17	0,48	0,12	0,59	0,10	0,68	0,085	0,51	0,25	0,72	0,18	0,88	0,15	1,02	0,13	0,76	0,38	1,08	0,27	1,31	0,22	1,53	0,19	

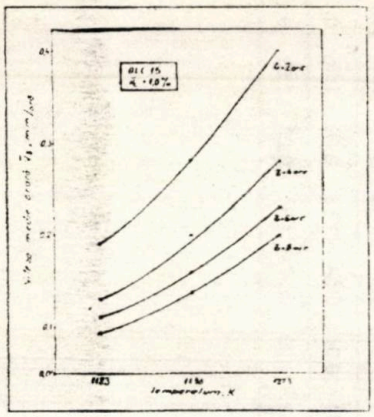


Fig. 1

Dependenta vitezei medii orare de temperatura de carburare:
Average hourly ratedependence on carburizing temperature

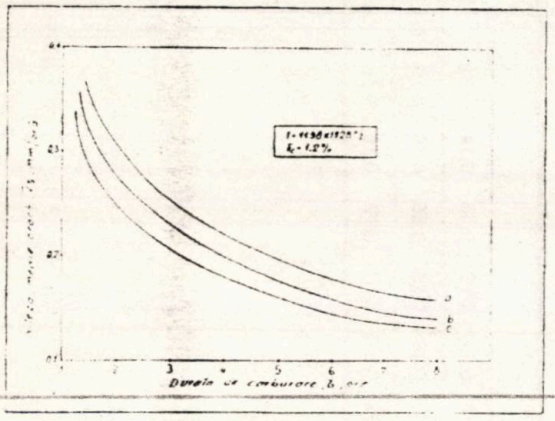


Fig. 2

Dependenta vitezei medii orare de durata de carburare:
a - OLC 15 ; b - 15 Cr 08; c - 21 MoMnCr12
Average hourly rate dependence on carburizing time: a - OLC 15;
b - 15Cr 08; c - 21 MoMnCr12

Materialul si metodica de lucru

Experimentarile s-au efectuat pe probe specifice carburarii, într-o instalatie IPSEN cu atmosfera endo si 3% CH_4 adaos, dupa metodica prezentata în lucrarea [1]. S-au utilizat trei marci de oteluri de cementare: OLC15, 15Cr08, 21MoMnCr12.

Rezultatele experimentarilor

Rezultatele experimentarilor sunt cuprinse în tabelul 1, iar cu ajutorul lor s-au calculat valorile medii orare de crestere a stratului carburat si sunt prezentate în tabelul 2.

Cu ajutorul datelor din tabelul 2 s-au construit graficele din figurile 1 si 2 care scot în evidenta influenta temperaturii si a duratei de carburare asupra vitezei orare de formare a stratului carburat în medii controlate.

Concluzii

Urmarind influenta diferitilor factori (t , T, $\%C$) asupra grosimii straturilor carburate în medii controlate se pot obtine date deosebit de valoroase si asupra cineticii formarii acestor straturi, respectiv de determinare a vitezelor medii orare în functie de diferiti parametri.

BIBLIOGRAFIE

[1] **T.Vasile:** Teza de doctorat, Bucuresti, 1992
[2] **Koslovski, I.S. Kalinin, A.** s.a: In: Metal Sci Heat Treat, 1967, nr.3, p.157

REVISTA REVISTELOR

Steel Research, *Germania, nr. 7, 1993*

- *Echilibrele de reducere ale feritelor de calciu din sistemul Fe- Fe_2O_3-CaO în functie de concentratia de oxigen si temperatura, p.331*
- *Studiul cineticii reducerii oxidului de fier de catre carbonul solid, p.340*
- *Utilizarea unui sistem izocinetic de alimentare cu otel pentru turnarea benzilor în forma aproape finita, p.346*
- *Metoda de calcul a temperaturii în timpul laminarii la cald a barelor si sârmei, p.350*
- *Mecanismul fragilizarii la deformarea la cald a otelului moale, p.356*
- *Evolutia structurii otelului feritic inox turnat în benzi, p.359*

CARBURAREA SUPERFICIALA SI ÎN PROFUNZIME A PIESELOR TURNATE CU MODELE GAZIFICABILE

Dr.ing. Ion Chira, prof. conferentiar

Dr.ing. Florin Stefanescu, conferentiar **Universitatea "Politehnica" Bucuresti**

Ing. Ioan Margincan, lector

C.Z.: 661.785

La turnarea pieselor in forme realizate cu modele gazificabile, se vor afla fata in fata fronturile de aliaj topit si de topire al modelului despartite de un volum de gaze (volumul de control D), provenite din vaporizarea fazei lichide de termodistructie (fig.1).

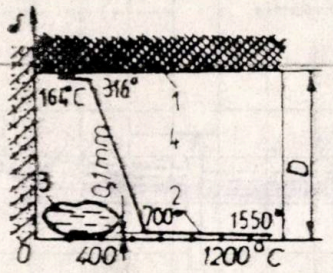


Fig. 1

Reprezentarea schematica a volumului de control (D) si distributia temperaturilor : 1 - frontul de topire al modelului; 2 - suprafata (oglinda) aliajului; 3 - picatura de faza lichida; 4 - amestec de vapori si gaze

Control volume (D) diagram and temperature distribution : 1- pattern melting front; 2 - alloy surface ; 3 - liquid phase drop; 4 - vapour and gas mix

In acest spatiu, continutul de carbon si hidrogen creste considerabil, concomitent cu procentul de monomer stiren si alti polimeri cu greutate moleculara scazuta, in combinatie si cu alti componenti de piroliza, iar in final in aceasta zona vor fi prezente hidrocarburi alifatice (aromatice) si resturi catenice cu greutatea moleculara redusa (cu 1 - 3 atomi de carbon)[1], [2], [3].Polistirenul utilizat la confectionarea modelelor gazificabile este o substanta compusa din 94% C si 4% H_2 (rest alte elemente), iar in urma procesului de termodistructie rezulta o faza gazoasa si alta solida (denumita produs de cocsificare), in care elementul predominant este carbonul (sub forma de fulgi). Atât proportia fazelor (gazoasa si solida) cât si compozitia lor va fi influentata de temperatura aliajului turnat (tab.1).

Analiza chimica a fazei gazoase, provenite din termodistructia polistirenului expandat la diferite temperaturi, indica o variatie a compozitiei in limite destul de largi (tab.2).

Tabelul 1

Proportia fazelor rezultate din termodistructia modelului gazificabil de polistiren la diverse temperaturi [1]
The fractions of phases resulted from thermal distruction of polystiren gasifying pattern at various temperatures

Temperatura, °C	Volumul gazelor, cm^3/g	Produsele obtinute in procente de masa		
		Faza gazoasa	Produse lichide	Produse de cocsificare
800	165 175	11,1 12,0	70,8 70,4	18,1 17,5
1000	500 518	15,1 14,8	23,5 27,2	61,4 58,0
1200	689 738	16,3 18,5	18,9 16,5	64,7 65,0

Tabelul 2

Produsele de termodistructie ale polistirenului, in procente volumice (analiza efectuata cu cromatograf tip XL - 4) [2]
Polystiren burning products in vol% (XL - 4 Chromatograph)

Temperatura aliajului turnat, °C	Produsele de termodistructie								
	H_2	CO	CH_4	C_2H_2	C_2H_6	C_3H_6	C_3H_8	C_5H_{17}	Alte produse
700	15,52	20,4	47,9	7,68	1,54	-	-	6,31	0,25
1300	49,8	1,95	15,04	7,95	10,0	0,47	0,14	4,32	0,33
1550	68,46	8,35	9,76	3,37	5,3	0,76	0,43	3,27	0,30

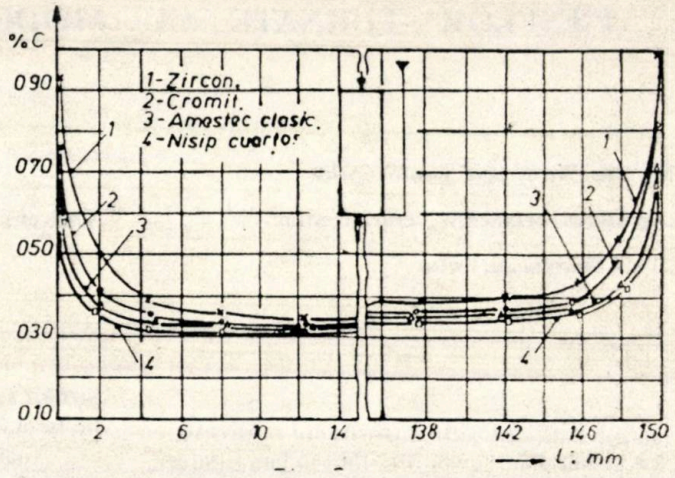
Din cauza oxigenului insuficient în forma, produsele rezultate în urma topirii si vaporizarii polistirenului nu ard (decât partial), ele se pot condensa pe suprafata granulelor de nisip, influentând regimul termic al formei si interactiunea acestora cu aliajul piesei turnate. Procesul de carburare al aliajului la realizarea pieselor turnate în forme cu modele gazificabile precum si dependenta acestui proces de factori care tin de natura formei, poate fi pus în evidenta prin analiza chimica.

Metode de cercetare

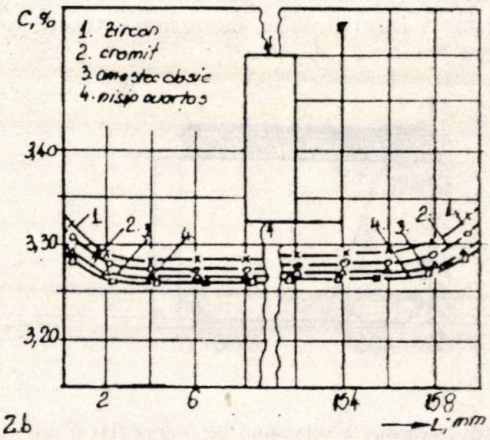
Cercetarile experimentale efectuate au urmarit punerea în evidenta a gradului de carburare al aliajelor ferose (otel, fonta) pe grosimea peretelui piesei turnate, precum si pe înaltimea acestuia functie de pozitia în forma, la turnare. De asemenea s-a urmarit modul în care materialul granular utilizat la realizarea formei (prin capacitatea de acumulare a caldurii preluate de la aliaj si condensarea produselor gazoase provenite din termodistructia modelului), influenteaza procesul de carburare si durificare a peretilor piesei turnate. S-au utilizat probe de forma paralelipipedica 20 x 30 x 150 mm, folosind polistiren expandat cu densitatea de 24 kg/m^3, fara a utiliza vopsele refractare. Probele, plasate echidistant fata de piciorul de turnare, s-au turnat în pozitia orizontala, verticala si înclinata (la 45^0 fata de orizontala). Aliajele utilizate (otel carbon cu 0,3% C, 0,40% Si, 0,60% Mn, P si S fiecare 0,02%, rest elemente - Cr, Ni, Cu sub 0,3% precum si fonta cu 3,25% C, 2,10% Si, 0,66% Mn, 0,6% P, 0,10% S iar Cr, Ni, Cu sub 0,1% fiecare), s-au elaborat în cuptor cu inductie si s-au turnat la 1560^{0}C si respectiv 1275^{0}C (temperaturi masurate cu pirometrul optic fara corectie, în oala).

Probele impachetate în cutii de turnare, utilizând nisip de Aghires, de zircon, de cromit si amestec clasic cu argila (fara adaos de substante organice), s-au dezbatut dupa sase ore de la turnare.

Esantioanele pentru analiza chimica a carbonului au fost obtinute prin decupare mecanica (strunjire cu viteza mica) pe lungimea probei. Determinarea duritatii s-a facut cu un aparat Brinell.



a



b

Fig. 2

Variatia continutului de carbon pe lungimea L a probei, functie de natura materialului utilizat la realizarea formei: a - probe turnate din otel; b - probe turnate din fonta
C content variation on sample length (L) depending on moulding material: a - cast steel samples; b - cast iron samples

Rezultatele obtinute

Reprezentarea grafica a variatiei continutului de carbon pe lungimea probei turnate pune în evidenta diferentele apreciabile ale concentratiei între suprafata de contact piesa-forma si miezul peretelui turnat. Se constata valori ridicate ale continutului de carbon pe distante de pâna la 22 mm fata de suprafata frontala a probei (fig.2 a si b). La aceeasi distanta de interfata metal-forma, valorile continutului de carbon sunt mai ridicate cu aproximativ 0,04 - 0,05% la capatul opus alimentatorului.

Carburarea neuniforma a stratului exterior al piesei poate fi explicata prin faptul ca la partea opusa alimentatorului ajunge aliajul care a venit timp mai îndelungat în contact cu produsele de termodistructie ale modelului, furnizoare de carbon, iar pe de alta

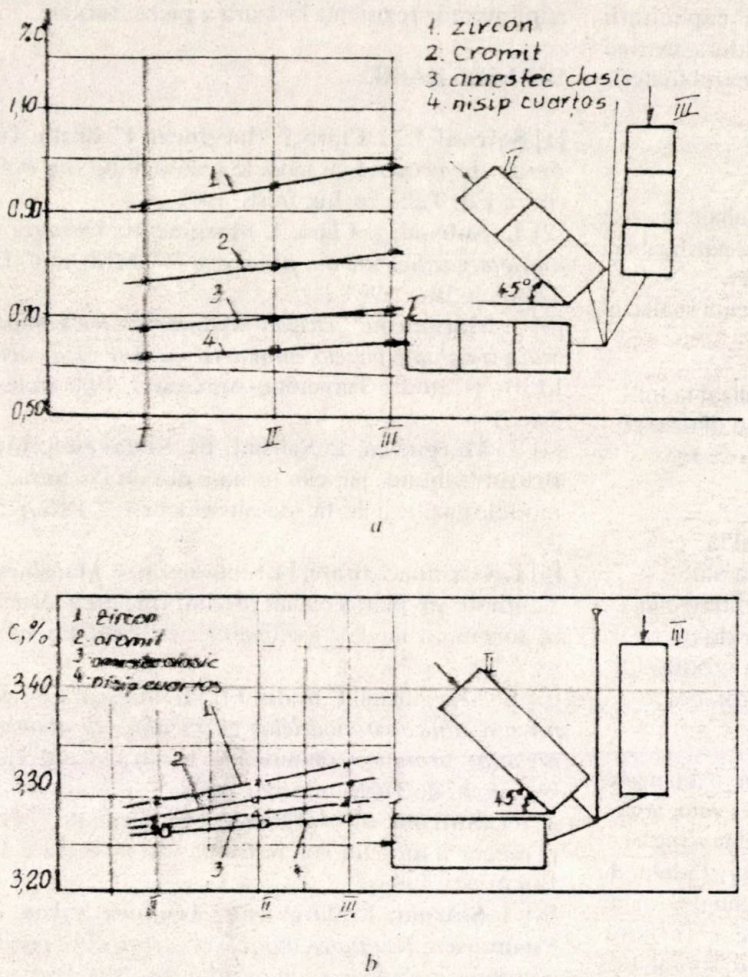


Fig. 3

Variatia continutului de carbon la extremitatea probei turnate pentru diferite materiale utilizate la realizarea formelor în functie de pozitia de turnare: a - pentru otel; b - pentru fonta

Carbon content variation at sample ends depending on moulding materials and casting position: a - for steel; b - for cast iron

parte prin faptul ca în zona respectiva, forma se impregneaza cu o cantitate mai mare de produse de termodistructie care au tendinta de a se deplasa spre partea superioara a cavitatii, pe masura ce aliajul umple forma.

Natura formei influenteaza la rândul ei procesul de carburare, proces care este mai pronuntat în cazul zirconului si mai redus pentru cromit, amestec clasic si nisip. Explicatia fenomenului poate fi pusa pe seama proprietatilor termofizice diferite ale materialelor de formare de la aproximativ 2000 $Ws^{1/2}/m^2K$ în cazul zirconului la aproximativ 900 $Ws^{1/2}/m^2K$, în cazul nisipului cuartos.

Totusi, este de remarcat faptul ca în cazul otelului carburarea superficiala este apreciabila comparativ cu fonta (fig.2.b). Fenomenul poate fi atribuit diferentei apreciabile în continutul de carbon al celor doua aliaje (otel si fonta).

Pozitia piesei la turnare influenteaza la rândul ei gradul de carburare (fig.3.a si b).

Produsele de termodistructie se condenseaza si se vaporizeaza succesiv, pe masura ce materialul formei se încalzeste si astfel influenteaza difuzia în grosimea de perete a piesei.

Carburarea diferentiata precum si racirea diferentiata a aliajului este confirmata de modificarea corespunzatoare a duritatii (fig.4.a si b).

Întrucât si în cazul fontelor, calitatea materialului granular

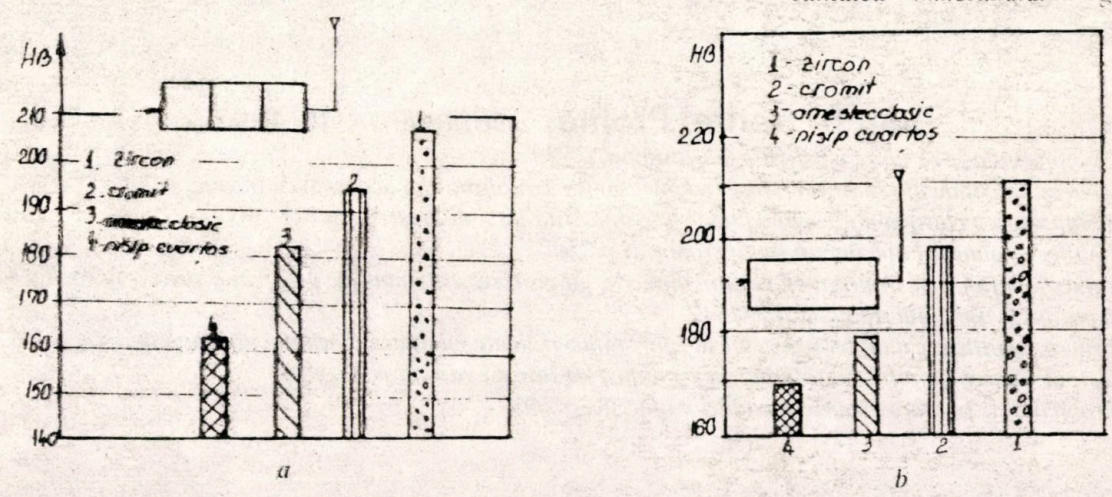


Fig. 4

Variatia duritatii Brinell la partea opusa locului de alimentare în functie de natura materialului folosit la realizarea formelor pentru probele turnate din: a - otel; b - fonta

Brinell hardness variation at the end opposed to feed place depending on moulding material for samples of: a - steel; b - cast iron

(si pozitia probei la turnare) influenteaza duritatea, cresterea acesteia poate fi atribuita atât carburarii peretilor (în cazul otelului) cât si capacitatii materialelor de formare de a prelua caldura, marind viteza de racire a probelor (mai ales în cazul fontei).

Concluzii

La realizarea pieselor turnate din aliaje feroase în forme din material granular cu modele gazificabile, are loc un proces de carburare a peretilor.

Adâncimea de perete afectata, precum si nivelul de carburare depinde de:

» continutul în carbon al aliajului utilizat la turnare, care va influenta procesul de difuzie al carbonului provenit din produsele de termodistructie;

» natura materialului granular utilizat la realizarea formei, care va influenta atât procesele de schimb de caldura dintre aliaj si forma cât si procesele de transfer de masa (difuzie), favorizând condensarea produselor de termodistructie în imediata apropiere a fetei active a formei.

Imbogatirea în carbon a aliajului pe o adâncime de pâna la 2-3 mm poate constitui un avantaj atunci când se urmareste durificarea superficiala a piesei.

Influenta pozitiei de turnare asupra gradului de carburare poate constitui o solutie tehnologica de durificare diferentiata a unor piese turnate, favorizând din acest punct de vedere suprafetele solicitate la uzura prin frecare în timpul functionarii.

Daca în modelul gazificabil se introduc elemente carborigene care sa difuzeze în stratul superficial al piesei la turnare si solidificare, atunci poate fi sporit aportul de duritate în zona respectiva, marind suplimentar rezistenta la uzura a piesei turnate.

BIBLIOGRAFIE

[1] **Sofroni L., I. Chira ,I. Marginean C. Bratu:** Turnarea de precizie cu modele gazificabile din polistiren. Ed. Tehnica, Bucuresti, 1991.

[2] **L. Sofroni, I. Chira, I. Marginean:** *Turnarea cu modele gazificabile din polistiren,* TCMM, nr.4, Ed. Tehnica, Buc.,1988

[3] **I. Marginean:** *Cercetari privind marirea compactitatii si calitatii pieselor turnate cu modele gazificabile,* I.P.B., (Catedra Turnatorie-Agregate), 1988 (referat 2 si 3)

[4] **I. Marginean, L. Sofroni, Fl. Stefanescu, C-tin Bratu:** Calitatea pieselor turnate din otel în forme cu modele gazificabile. In: Metalurgia, nr.1-2, 1992, p.27-29

[5] **L.Sofroni, C. Bratu, Fl. Stefanescu, I. Marginean:** Tendinte pe plan mondial privind turnarea aliajelor în forme cu modele gazificabile. In: Metalurgia 39, nr.7, 1987, p.343

[6] **I. Marginean, C.Bratu, Fl. Stefanescu:** *Cercetari privind utilizarea modelelor gazificabile la obtinerea pieselor turnate,* Comunicare Resita, Conferinta nationala de Turnatorie mai, 1987

[7] **L.Sofroni, I. Marginean, C. Cernat:** Bazele proiectarii turnatoriilor, îndrumar de proiectare, I.P. Bucuresti, 1986

[8] **L.Sofroni, I. Marginean, Teodora Saban, Fl. Stefanescu:** *Realizarea modelelor gazificabile prin expandarea polistirenului în matrite.* In: Metalurgia, 43 nr.1 - 2, 1991, p.32

REVISTA REVISTELOR

Blech/ Rohre/ Profile, *Germania, nr. 10, 1993*

- Comportarea la revenire elastica a tablei subtiri, p.733

- Aplicatii posibile ale sudurii cu laser a tablei subtiri din aluminiu, acoperita cu plastic, p.739

- Comportarea elastica a pieselor cu excentric-influenta ungerii lagarelor, p.743

- Foarfece volant cu mecanism de sincronizare, p.750

- Prese de îndoire pe matrita, cu control numeric, cu grad de automatizare individual pentru flexibilitate mai mare si productivitate mai ridicata, p.754

- Criterii de utilizare a tablei rezistente la temperaturi ridicate ca material pentru capsulele de HIP, p.756

- Caracterizarea deformabilitatii la rece a produselor late cu valorile n si r, p.760

- Probleme de poluare la sudarea tablelor umezite, p.766

CORELATII ÎNTRE PARAMETRII DE INTERACTIUNE AI CARBONULUI DIZOLVAT ÎN ALIAJE FEROASE SI NUMARUL DE ORDINE ÎN SISTEMUL PERIODIC AL ELEMENTELOR DE ALIERE

Dr. ing. Ludovic Apa

C.Z.: 669.017

Activitatea termodinamica a unora dintre componenti în topiturile multicomponente este influentata sensibil de prezenta celorlalti componenti. Evaluarea cantitativa a acestor influente a fost rezolvata satisfacator de C. Wagner [1] prin dezvoltarea în serie Taylor a coeficientului de activitate γ a elementului cercetat.

În cazul specific al stabilirii influentei concentratiei elementelor de aliere asupra activitatii carbonului în topiturile feroase, coeficientul de activitate al acestuia γ_c se poate exprima în functie de concentratia elementelor de aliere Y_i, respectiv Y_j, prin relatia:

$$\ln\gamma_c = \ln\gamma_c^0 + \sum_{i=1}^{k} \varepsilon_c^{Y_i} Y_i +$$

$$+ \sum_{i=1}^{k} \varepsilon_c^{Y_i Y_i} \cdot Y_i^2 + \sum_{i=1}^{k} \sum_{j=2}^{k} \varepsilon^{Y_i Y_j} \cdot Y_i Y_j + \ldots \qquad (1)$$

în care notatiile reprezinta:

$\varepsilon_i^{Y_i}$ = parametrii de interactiune de ordinul întâi al elementului Yi;

$\varepsilon_c^{Y_i Y_i}, \varepsilon_c^{Y_i Y_j}$ = parametrii de interactiune de ordinul doi, respectiv parametrii combinati;

$Y_i Y_j$ = concentratiile elementelor de aliere Y_i, Y_j (inclusiv carbon) exprimate în fractii molare;

γ_c^0 = coeficientul Raoult de activitate al carbonului la o dilutie infinita.

În multe cazuri, în special pentru otelurile slab aliate, calculul se limiteaza la termenii de ordinul întâi, parametrii respectivi $\varepsilon_i^{Y_i}$ fiind determinati.

Daca concentratiile se exprima în procente de greutate si se lucreaza în logaritmi zecimali, relatia (1) se pastreaza ca forma, cu deosebire ca $f_c^0 = 1$ si ca intervine o alta serie de parametri de interactiune $e_c^{Y_i}, e_c^{Y_i Y_i}$ etc.

Pentru parametrii de ordinul întâi, legatura între cele doua rânduri de parametri este exprimata de relatia:

$$e_i^{Y_i} = \frac{1}{230{,}3}\left[\frac{M_{Fe}}{M_{Y_i}}(\varepsilon_c^{Y_i} - 1) + 1\right] \qquad (2)$$

în care M_{Fe} si M_{Y_i} reprezinta greutatea atomica a fierului, respectiv a elementului de aliere Y_i.

Literatura de specialitate cuprinde un însemnat numar de date, mai ales pentru parametrii de interactiune de ordinul întâi. În multe cazuri, însa, între valoarea acestora exista diferente însemnate de la un autor la altul.

Influenta unor elemente asupra activitatii carbonului este în strânsa legatura cu configuratia atomica si, deci este de asteptat ca parametrii de interactiune sa depinda de locul ocupat de elementul respectiv în tabelul periodic al elementelor [2].

În general, s-a constatat ca marimea parametrilor $\varepsilon_i^{Y_i}$ arata o tendinta de crestere cu numarul de ordine Z în cadrul aceleiasi perioade [2],[3]. Acest fapt ar putea constitui un criteriu pentru alegerea corecta a parametrilor, atunci când datele din literatura de specialitate difera între ele.

Într-o lucrare recenta [3], A.M.Katnelson si colaboratorii au propus o relatie matematica simpla între parametrii de interactiune si numarul de ordine:

$$\varepsilon_c^{Y_i} = 2{,}78(z - a) \qquad (3)$$

în care "a" este constant în cadrul aceleiasi perioade (Tabelul 1).

În figura 1 este ilustrata grafic variatia parametrilor de interactiune $\varepsilon_i^{Y_i}$ rezultati din acest calcul în functie de numarul de ordine Z, comparativ cu unele date de referinta din literatura de specialitate.

Într-o serie de cazuri, valorile obtinute din calcul corespund satisfacator cu datele experimentale, ca de exemplu pentru: C, Co, Mo, Cr, Si, Pb, V etc. Pentru multe elemente însa, diferentele sunt mari. Astfel, pentru unele elemente care reduc solubilitatea carbonului în fier (parametrii pozitivi), ca de exemplu: S, Ni, Cu, Ga, As, In, Sb, aflate în ramura superioara a curbelor din figura 1, datele calculate sunt sensibil mai mari decât cele experimentale; de exemplu, pentru arsen $\varepsilon_c^{As} = 19{,}30$ fata de 12,9.

Diferente si mai însemnate apar în cazul unor elemente de aliere care maresc mult solubilitatea carbonului în fier (parametrii negativi - ramura inferioara a curbelor), cum ar fi: Ti, Zr, Hf, Sc, Ce, Y, La, elemente pentru care literatura de specialitate

Tabelul 1

Corelatii între $\varepsilon_c^{Y_i}$ si Z dupa [3]
Corelations between $\varepsilon_c^{Y_i}$ and Z

t = 1600°C

Numarul de ordine Z	Parametrul de interactiune $\varepsilon_c^{Y_i}$
1	= 2,78 Z
2 . . . 7	= 2,78 (Z - 2)
8 . . . 16	= 2,78 (Z - 10)
17 . . . 19	= 2,78 (Z - 18)
20 . . . 34	= 2,76 (Z - 26)
35 . . . 37	= 2,76 (Z - 36)
38 . . . 52	= 2,76 (Z - 44)
53 . . . 55	= 2,78 (Z - 54)
56	= 2,78 (Z - 62)
71 . . . 84	= 2,76 (Z - 76)
57 . . . 71	= constant

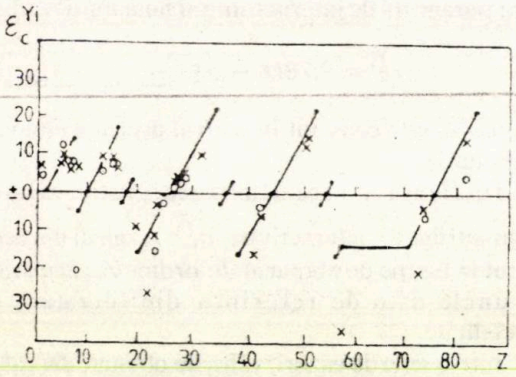


Fig. 1

Corelatii între parametrii de interactiune $\varepsilon_c^{Y_i}$ si numarul de ordine Z al elementului de aliere Y_i: o - dupa Sigworth si Elliot J. F. x - dupa calcule teoretice ; --------- curba rezultata dupa rel. 3

Corelations between $\varepsilon_c^{Y_i}$ parameter and Z order number of the Y_i alloying element

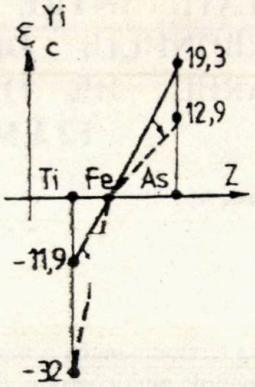


Fig. 2

Schita pentru exemplificarea modificarii dreptelor reprezentând relatia $\varepsilon_c^{Y_i}$ - Z (perioada a IV - a)

The change of lines representing $\varepsilon_c^{Y_i}$ - Z relation (IV - th period)

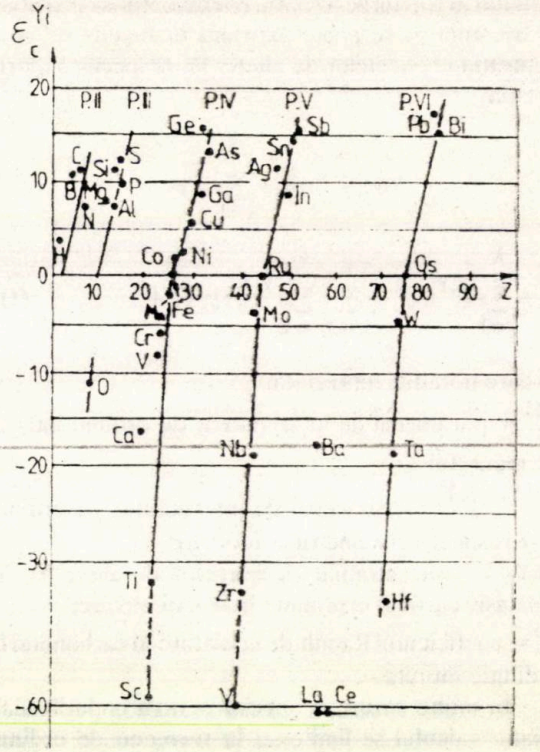


Fig. 3

Încercare de amplasare a parametrilor de interactiune ai carbonului $\varepsilon_c^{Y_i}$ in corelatie cu numarul de ordine Z al elementului de aliere Y_i

Attempt to place expeimental $\varepsilon_c^{Y_i}$ parameters in correlation with Z order number of alloying element Y_i

Tabelul 2

Valorile parametrilor de interactiune ai carbonului $\varepsilon_c^{Y_i}$ respectiv $e_c^{Y_i}$ considerate ca cele mai probabile
Carbon interaction parameters ($\varepsilon_c^{Y_i}$ and $e_c^{Y_i}$)

$t = 1600^0C$

Elem. Yi	Z num. atom.	Date din literatura		
		$\varepsilon_c^{Y_i}$	$e_c^{Y_i}$	Sursa
H	1	3,7	0,66	[5], [2]
B	5	10,6	0,22	[5]
C	6	11,02	0,207	[4], [12]
N	7	7,2	0,11	[5], [2]
O	8	-19,0	- 0,30	[6]
Mg	12	7,7	0,071	[5], [2]
Al	13	7,5	0,063	[3]
Si	14	11,29	0,0933	[4], [12]
P	15	10,06	0,0754	[8], [2]
S	16	12,06	0,088	[8], [2]
Ca	20	- 15,8	- 0,097	[3]
Sc	21	(- 59,0)	- 0,3133-	[11]
Ti	22	(- 32,0)	- 0,156	[11]
V	23	- 8,0	- 0,039	[8]
Cr	24	- 5,5	- 0,026	[4]
Mn	25	- 1,92	- 0,0085	[4], [8]
Fe	26	0	0	-
Co	27	2,4	0,010	[5], [2]
Ni	28	2,99	0,0126	[4], [8], [9]
Cu	29	5,7	0,022	[10]
Ga	31	8,85	0,0317	[7]
Ge	32	15,78	0,0561	[3]
As	33	12,9	0,043	[5], [2]
Y	39	(- 60,0)	- 0,162	[11]
Zr	40	(- 33,0)	- 0,0862	[11]
Nb	41	- 17,9	- 0,045	[8]
Mo	42	- 4,1	0,0085	[9]
Ru	44	0	0,0019	[3]
Ag	47	11,5	0,028	[5], [2]
In	49	8,80	0,0208	[7]
Sn	50	14,4	0,032	[9]
Sb	51	15,36	0,033	[8], [3]
Ba	56	- 17,2	- 0,0261	[3]
La	57	(- 61,0)	- 0,1023	[11]
Ce	58	(- 61,0)	- 0,1014	[11]
Hf	72	(- 34,0)	- 0,042	[11]
Ta	73	- 17,9	- 0,020	[9], [2]
W	74	- 4,57	- 0,003	[10], [2]
Pb	82	17,43	0,024	[3]
Bi	83	15,7	0,023	[3]

indica valori de ordinul - 30 ... - 60, fata de - 11 ... - 13 obtinute din relatia (3). Asa de exemplu, pentru titan, din relatia (3) se obtine $\varepsilon_c^{Ti} = -11,9$ fata de -32,0 indicat in literatura de specialitate.

Pentru ca sa existe o mai buna corespondenta între alura curbelor si datele experimentale, se impune deplasarea ramurilor respective ale dreptelor in sensul celor indicate in figura 2, ca exemplu pentru elementele perioadei a IV-a.

Tinând seama de cele mentionate, in figura 3 se propune un grafic propriu, intocmit pe baza valorilor experimentale prezentate in tabelul 2 si considerate ca cele mai probabile in urma analizarii amanuntite a unui insemnat numar de date comunicate in literatura de specialitate [2] -[13]. Se constata o evidenta tendinta de crestere a parametrilor de interactiune $\varepsilon_c^{Y_i}$ o data cu cresterea numarului de ordine Z în cadrul fiecarei perioade, aceasta tendinta fiind mult mai accentuata în zona valorilor negative ale parametrilor (ramura inferioara a dreptelor).

Dreptele din figura 3 nu trebuie considerate ca expresia unor relatii numerice exacte între $\varepsilon_c^{Y_i}$ si Z, ci numai ca o ilustrare a tendintei de crestere sau diminuare a parametrilor de interactiune o data cu variatia numarului de ordine. Se considera ca relatia între $\varepsilon_c^{Y_i}$ si Z este mult prea complexa pentru a putea fi redata printr-o simpla ecuatie lineara.

Este de mentionat faptul ca alura curbelor din figura 3 este similara cu a celor stabilite de catre E.Schürmann si colaboratorii [14] pentru corelatii similare privind azotul dizolvat în fier, nichel si cobalt.

In vederea clarificarii complete a problemelor legate de corelatia dintre parametrii de interactiune ai carbonului si numarul de ordine, se considera necesare lucrari experimentale suplimentare, în special pentru elementele de aliere care au o influenta puternica asupra activitatii carbonului în otel, ca de exemplu: Zr, Ti, Nb, Ce.

In concluzie, se apreciaza ca, pe baza datelor cunoscute în prezent, figura 3 reprezinta o ilustrare satisfacatoare a tendintei de variatie a parametrilor de interactiune ai carbonului $\varepsilon_C^{Y_i}$ în aliaje feroase cu numarul de ordine Z al elementului de aliere Y_i.

BIBLIOGRAFIE

[1] Wagner C.: Thermodynamics of alloys. Londra. Reading-Max. 1953
[2] Apa L. In: Metalurgia, România, nr. 7-1992, p.26-30
[3] Katnelson s.a. In: Izv.VUZ Ciornaia Metall, U.R.S.S., nr.12-1992, p.7
[4] Gracev B.A., Kupriasin B.A. In: Izv. VUZ, Ciornaia Metall, U.R.S.S., nr.3,1988, p.9
[5] Dragomir I. In: Teoria proceselor siderurgice, Bucuresti, Editura Tehnica, 1985, p.145 si anexele 5,6
[6] Ianke D., Fisher W.A. In: Archiv f.d. Eisenhüttenw., nr.10, 1976, p.589
[7] Schenck H. s.a. In: Archiv f.d. Eisenhüttenw. nr.1,1970,p.1
[8] Sabirzianov T.G. In: Izv.VUZ, Ciornaia Mettal, URSS, nr.1,1989,p.1
[9] H-Hsin Foo, Lupis C.H. In: Metal-Transact, S.U.A., vol.3 nr.8,1972,p.2125
[10] Balsov L.A. In: Izv.Ak.Nauk, U.R.S.S. Metalii, nr.1,1981,p.217
[11] Buzak Z. In; Hutnicke listy. R.S.C.S., nr.10,1979, p.699
[12] Apa, L. In: Cercetari metalurgice. România, vol.31,1992,p.68
[13] Apa L. In; Metalurgia, România, nr.10,1992,p.22
[14] Schürmann E. s.a In: Archiv f.d. Eisenhüttenw., R.F.G., nr.11,1986, p.516

REVISTA REVISTELOR

Steel Research, *Germania, nr. 8-9, 1993*

- Transferul termic intr-o baie de fonta în timpul procesului de reducere prin topire în doua trepte, p.372

- Cresterea preciziei în determinarea curbelor de curgere pentru încercarea la refulare la cald, p.377

- Ingineria materialelor si de proces aplicata la turnarea si laminarea produselor lungi din oteluri de constructie de calitate, p.385

- Fabricatia si utilizarea tablei groase, laminata termomecanic, p.391

- Efectul succesiunii temperaturilor în timpul laminarii la cald a benzilor asupra structurii si proprietatilor otelurilor moi, p.396

- Efectele tensiunii în trei axe asupra comportarii la rupere a otelurilor, p.401

- Problematica si posibilitatile incercarii la oboseala a tablei subtiri din otel, p.407

- Influenta microstructurii otelurilor cu continut ridicat de carbon asupra proprietatilor mecanice la rupere, p.414

- Factorii care influenteaza anizotropia planara a tablei laminate la rece, recoapta în loturi, p.420

- Proprietatile la oboseala oligociclica a otelurilor cu continut mediu de carbon microaliate si calite prin precipitare comparativ cu otelurile calite si revenite, p.425

- Mecanismul de bake-hardening (durificare prin coacere), p.431

- Suruburi rezistente la tensiuni, clasa 8.8, fara a fi tratate termic, p.437

- Comportarea la oboseala a otelurilor nitrurate, p.441

- Defecte de fluaj la temperaturi ridicate în oteluri si superaliaje, p.449

- Atacul hidrogenului asupra otelului rezistent la hidrogen sub presiune, rezultat din modificarea carburilor de catre gazul de sinteza a NH_3, p.454

- Comportarea la fisurare, la coroziune sub tensiune a otelului inox în privinta utilizarii lui în arhitectura; partea 1: coroziunea în stare activa, p.461

- Prelucrarea prin aschiere a defectelor repetabile corespunzatoare fisurilor la oboseala pentru încercarea la rupere mecanica a pieselor si îmbinarilor sudate, p.466

- Studiul îmbinarilor prin sudura cap la cap în otelurile de constructii de înalta rezistenta, p.472

- Noi metode de evaluare pentru siguranta reziduala a podurilor metalice vechi, p.478

CONSIDERATII PRIVIND ALEGEREA SEPARATOARELOR DE SUSPENSII DIN GAZELE TEHNOLOGICE GENERATE ÎN METALURGIA METALELOR NEFEROASE GRELE

Ing. Dumitru Leaua S.C. Cepronef S.A. Baia Mare

C.Z.: 669.218

Extractia metalelor neferoase grele are ca sursa de materii prime concentratele de minerale obtinute în instalatii de preparare a minereurilor.

Pentru edificare asupra compozitiei acestora, în tabelul 1 se prezinta continutul principalelor elemente.

Tabelul 1

Sortul	%					
	Cu	Pb	Zn	S	Fe	SiO_2
Concentrat de cupru	12 - 30	0,5 - 1,5	1 - 4	18 - 40	15 - 34	5 - 30
Concentrat de plumb	2,5 - 4,0	50 - 60	3 - 6	18 - 24	12 - 18	2,0 - 3,5
Concentrat de zinc	0,7 - 2,0	1 - 3	45 - 55	30 - 34	10 - 13	1 - 3
Concentrat de Pb + Zn	1,0 - 2,2	15,0 - 19,5	28 - 33	27 - 33	12 - 18	1,5 - 6,0

Mineralele preponderente în minereuri si concentrate, atât în tara noastra, cât si pe plan mondial sunt:

» Galena - sulfura de plumb (PbS)

» Blenda - sulfura de zinc (ZnS)

» Calcopirita - sulfura de cupru si fier ($CuFeS_2$).

Separarea metalelor neferoase din concentrate constituie obiectivul de activitate principal al unitatilor metalurgice de profil.

Având în vedere compozitia concentratelor, procesele de prelucrare se realizeaza pe cale ignee, procese ce prezinta avantajul folosirii partiale a energiei degajate la arderea sulfurilor respective. Se exemplifica afirmatia prin reactia de ardere a calcopiritei cu formare de mata (produs intermediar în fluxul de extractie a cuprului):

$$4CuFeS_2 + 5O_2 = 2(Cu_2S.FeS) + 4SO_2 + 2FeO + 357,78 \text{ kcal}$$

Adica fiecare kmol de calcopirita, în procesul de formare a matei, degaja energie calorica echivalenta cu 89,445 kcal (357,74/4).

Caldura degajata în reactiile de ardere a sulfurilor contribuie la reducerea consumului de combustibil.

Important de mentionat este si faptul ca în fluxurile de prelucrare cu degajari de gaze tehnologice la temperaturi ridicate, energia calorica a acestora este recuperabila.

Din prelucrarea pirometalurgica a concentratelor rezulta metale, zgura si gaze tehnologice. Acestea din urma, pe lânga dioxidul de sulf rezultat din arderea sulfurilor, contin în functie de intensitatea procesului o mica parte din metale sub forma de suspensii solide (particule antrenate si prafuri volatile).

Separarea suspensiilor solide din gazele tehnologice se impune atât din punct de vedere ecologic, cât si economic.

In sustinerea acestei necesitati se arata ca:

- *Esaparea în atmosfera a gazelor tehnologice împreuna cu suspensiile solide polueaza mediul înconjurator.*
- *Valorificarea dioxidului de sulf sub forma de acid sulfuric, se realizeaza nesatisfacator atunci când suspensiile solide din gaze nu sunt îndepartate.*
- *Suspensiile solide contin elemente valoroase, astfel ca separarea si reducerea lor în circuitul de prelucrare are efecte economice benefice.*

Continutul fazei solide în gaze este variabil în functie de intensitatea procesului tehnologic care le genereaza, putând avea valori între 5-30 gr/Nmc.

Spectrul granulometric se extinde de asemenea pe o paleta destul de larga. Acest lucru se explica prin aceea ca cele cu dimensiuni foarte mici, chiar submicronice, rezulta din oxidarea elementelor volatile, adica sunt produse de reactie, pe când cele cu dimen-

siuni mai mari, peste 10 - 20 μ pâna la 80 μ sunt antrenari mecanice.

Compozitia chimica a acestor suspensii este foarte eterogena, depinzând de materia prima supusa prelucrarii si de regimul termic al procesului. De regula analiza calitativa a suspensiilor solide din gazele tehnologice este similara cu a materiilor prime prelucrate, dar procentual sunt mai ridicate componentele provenite din oxidarea elementelor usor volatile (Pb, Zn, As, Sb, Cd). Deoarece pentru asigurarea temperaturii de regim a proceselor, pe lânga energia calorica degajata la arderea sulfurilor este necesara si combustia de hidrocarburi, conchidem ca mediul dispers ce paraseste spatiul de reactie (ardere), pe lânga dioxid de sulf si suspensii solide, contine si produsele de ardere, respectiv dioxidul de carbon si vapori de apa.

In functie de faza din fluxul tehnologic, temperatura gazelor cu suspensii are valori cuprinse între 90 - 150^0 C la cele degajate în procesele de uscare, 400 - 600^{0}C la aglomerare si 1200 - 1300^{0}C la topiri si rafinari termice.

Echipamentele de separare se aleg în functie de parametri ce caracterizeaza mediul gazos si suspensiile respective. In cele mai multe cazuri performante corespunzatoare de purificare se obtin combinând procedee diferite.

Procedee bazate pe forta gravitatiei si centrifugala

Echipamentele de retinere a suspensiilor din medii disperse, care au la baza conceptiei constructive forta gravitationala, sunt camerele si canalele de sedimentare.

In aceste sisteme de purificare, particulele solide din mediul dispers, au o viteza de deplasare în sensul curentului de gaze si o viteza de deplasare determinata de forta gravitatiei. Aceste doua viteze formând un unghi de 90^0, deplasarea se va realiza în practica dupa diagonala.

In regim laminar, viteza de sedimentare (deplasarea pe diagonala) se calculeaza cu ajutorul relatiei lui Stokes:

$$W_{sed} = \frac{d^2(\gamma_1 - \gamma_2)g}{18\eta m} \qquad (1)$$

unde:
W_{sed} = viteza de sedimentare, m/sec
d = diametrul particulelor, m
γ_1 = greutatea specifica a particulelor, kg/m^3
γ_2 = greutatea specifica a mediului, kg/m^3
g = acceleratia gravitatiei, m/sec^2
η_m = viscozitatea mediului, kg/m.sec

Viteza de sedimentare astfel calculata se foloseste la calculul suprafetei de sedimentare, cu ajutorul relatiei:

$$S_{sed} = \frac{V}{W_{sed}}$$

în care:
S_{sed} = suprafata de sedimentare, m^2
V = volumul gazului ce trece paralel cu suprafata de sedimentare, mc/sec
W_{sed} = 0,5 W_{sed}

Coeficientul de 0,5 tine seama de deosebirea dintre conditiile reale de sedimentare fata de cele teoretice (forma particulelor, miscarea mediului, frânarea sedimentarii).
Din relatia (1) rezulta ca:

- *In camere si canale se depun preferential particule cu diametre mai mari (peste 10 - 20 μ).*
- *Este evidenta de asemenea influenta greutatii specifice a suspensiilor respective.*
- *O viscozitate ridicata a mediului gazos fràneaza procesul de sedimentare.*
- *Viteza curentului de gaze influenteaza suprafata construita, în general sistemele necesitând suprafete mari.*

In conditiile caracteristicilor suspensiilor din metalurgia neferoasa, eficienta de retinere se plaseaza între 40 - 60%.

O varianta îmbunatatita o reprezinta echipamentele care folosesc forta centrifugala, respectiv cicloanele.
In relatia de dimensionare a acestora intervine în plus raportul $\frac{W^2}{r}$ (acceleratia fortei centrifuge, m/sec^2), în care:
W = viteza de rotatie în ciclon, m/sec;
r = raza de rotatie, m.

Fata de camerele de sedimentare si canale, la cicloane eficienta de retinere este mai ridicata, cifrându-se la 50 - 75 %.

Din cele prezentate rezulta urmatoarele concluzii privitoare la optiunile de utilizare:

- *Tinând seama de eficienta scazuta, echipamentele construite pe principiul gravitatiei se folosesc în tandem, precedând alte echipamente mai eficiente, cu rolul de degrevare a mediului dispers de particulele grobe.*
- *Camerele si canalele se pot realiza din materiale obisnuite; pentru temperaturi ale mediului dispers peste 400^{0}C trebuie protejate refractar, iar atunci când mediul are temperaturi sub punctul de condensare, trebuie captusite antiacid, devenind costisitoare în ambele situatii.*

- *Cicloanele si multicicloanele se construiesc din oteluri obisnuite, situatie care determina utilizarea acestora numai când mediul dispers are temperatura maxima de 400°C, pentru a se evita deformarile.*
- *Este inadecvata utilizarea cicloanelor sau multicicloanelor la temperaturi sub punctul de condensare, situatie în care apar depuneri prin colmatare ducând la blocarea aparatelor.*
- *In comparatie cu camerele si canalele de sedimentare, cicloanele si multicicloanele prezinta avantajul unei investitii mult mai reduse, însa consumul ridicat de energie mareste volumul cheltuielilor de exploatare.*

Un caz particular de eficienta ridicata a cicloanelor, îl constituie purificarea gazelor de la treapta I, uscare concentrate cuproase. Temperatura mediului dispers supus ciclonarii este în domeniul unei condensari partiale, ceea ce favorizeaza fenomenul de coalescenta (coagulare) a particulelor fine, element esential în cresterea eficientei pâna la 92-95%.

Mai trebuie precizat faptul ca suspensiile provenite din uscarea concentratelor nu sunt produse de reactie ci rezultate din macinare, astfel ca dimensiunile sub 10-20μ sunt reduse.

Procedee de purificare electrostatica

Purificarea electrostatica se bazeaza pe ionizarea mediului dispers si depunerea particulelor de praf pe electrozii de descarcare (fig. 1).

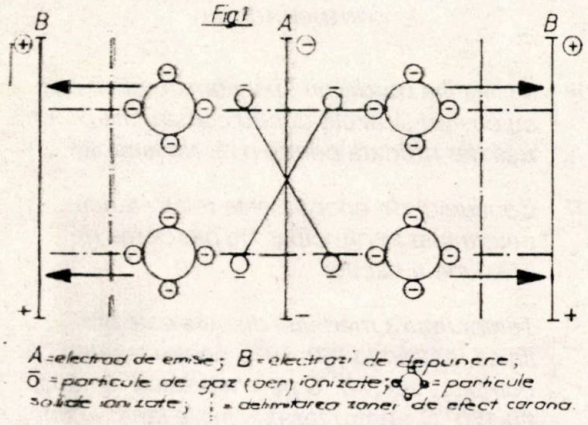


Fig. 1

Ionizarea are loc "independent" adica prin alimentarea circuitului electric cu tensiune ridicata, care sa întreaca constanta dielectrica a gazului (aerului). In câmpul electric creat de tensiunea înalta de alimentare, moleculele mediului gazos se desfac în particule încarcate pozitiv si negativ numite ioni, fenomenul fiind definit "ionizare".

Asa cum se observa în figura 1, particulele mediului gazos ionizate în jurul electrodului "A" în drumul lor spre electrodul "B" de semn contrar, ionizeaza particulele de suspensii solide, aderând la acestea prin lovire, antrenându-le în aceeasi directie, adica spre electrodul de descarcare (depunere).

Inceputul descarcarilor prin ioni este semnalizat de aparitia unei luminiscente, în jurul conductorului de emisie, fenomen ce poarta numele de "efect corona".

Daca tensiunea creste mult se poate ajunge ca spatiul dintre electrozi sa fie "strapuns", descarcarea având loc printr-un jet de scântei.

In exploatare "strapungerea" stratului de gaz (aer) trebuie sa se realizeze numai în jurul electrodului de emisie, adica în spatiul de manifestare a efectului corona. Restul spatiului ramâne nestrapuns pentru a evita scurtcircuitele ce pot fi provocate de jetul de scântei.

Caracteristici si parametri de functionare

Electrodul de emisie (conductorul), în cazul purificarii electrostatice a gazelor are polaritate negativa. Aceasta deoarece ionii negativi au mobilitate mai mare, se fixeaza mai usor pe particulele de praf si viteza de deplasare spre descarcare este mai mare. Tensiunea de strapungere este de asemenea mai ridicata când electrodul de emisie (conductorul de alimentare) are polaritate negativa.

Alimentarea se face în curent continuu asigurându-se astfel ca particulele de praf ionizate se deplaseaza într-o singura directie.

Tensiunea critica de alimentare pentru efect corona negativ, în cazul filtrelor cu placi se calculeaza cu ajutorul relatiei:

$$V_o = 31(1+0{,}308\sqrt{\frac{\delta}{r}})r\ln \quad , KV$$

în care:

r = raza conductorului (electrodul de emisie), cm

S = distanta dintre conductor si electrodul de depunere (placa), cm

$$\delta = \frac{0{,}392p}{273+t}$$

p = presiunea mediului gazos, mm col Hg

t = temperatura mediului gazos, °C

Tensiunea de lucru în exploatare nu trece de 8 KV/cm. Când mediul gazos contine umiditate si dioxid de sulf tensiunea de strapungere este mult mai ridicata, ceea ce permite alimentarea filtrului electric cu tensiune mai înalta.

O ionizare corespunzatoare are loc atunci când prafurile au rezistivitatea cuprinsa între 10^4 si $5 \cdot 10^{10}$

Ω•cm. Când valorile sunt mai mari, cresterea umiditatii în gaze reduce rezistivitatea. Limita valorilor rezistivitatii aratata anterior permite scurgerea uniforma a sarcinei electrice, a prafurilor depuse pe electrodul de descarcare, care se îndeparteaza prin sculturare.

Granulatia prafului din gaze poate fi cuprinsa între 1-100μ. O granulatie mai fina creeaza dificultati la desprinderea prin sculturare a stratului de praf depus.

Limita superioara privind continutul de praf în gaze este de 50- 60 gr/Nmc.

Forma cea mai potrivita este "stea" pentru electrodul de emisie si "placa" pentru cel de descarcare (depunere).

Temperatura mediului dispers are valori optime când:

- *evita condensarea acida (280°), gazele tehnologice din metalurgia neferoasa continând cantitati mici de trioxid de sulf. Daca se lucreaza sub aceasta temperatura, corodarea chimica reduce durata de exploatare, respectiv cresc cheltuielile de întretinere (reparatii);*
- *este în domeniul care concura la reducerea rezistivitatii prafurilor. Intervalul optim este 320-360°C.*

Viteza de depunere este influentata de intensitatea câmpului electric, respectiv de tensiunea de alimentare. Echipamentele de filtrare electrostatica ce se construiesc în tara noastra sunt concepute pentru o alimentare de 60-80 KV. In alte tari se lucreaza si cu tensiuni de alimentare de 110-150 KV.

Este în curs de implementare alimentarea pulsatorie cu rezultate superioare.

Viteza de trecere a mediului dispers prin filtrul electrostatic cu placi 0,5-1 m/sec.

Evaluari economice

Randamentul de retinere a suspensiilor solide din mediul dispers este de 95-99,5%.

Consumul de energie electrica este destul de mic (0,8-1,2 KW la 1000 mc).

Cheltuielile de exploatare sunt scazute atunci când parametrii aratati anterior sunt respectati.

Prafurile recuperate sunt apte pentru reintroducerea în circuit cu cheltuieli minime fiind în stare fizica corespunzatoare (uscate).

Procedee de purificare prin filtrare

In aceasta categorie intra metodele si echipamentele care realizeaza retinerea suspensiilor trecând mediul dispers printr- un strat poros, care retine particulele solide.

Capacitatea si dimensiunile echipamentului depind de viteza de filtrare, determinata la rândul ei de cantitatea de gaz ce trece în unitatea de timp pe unitatea de suprafata a stratului filtrant.

$$V_S = f(W_f)$$

$$W_f = \frac{Q}{\tau S}\left(\frac{m^3}{sec \cdot m^2} = \frac{m}{sec}\right)$$

Cele mai des întâlnite sisteme poroase pentru separarea prafurilor din gaze, sunt filtrele cu saci. Un parametru important al acestor echipamente este rezistenta sacilor în calea gazelor, element important pentru consumul de energie electrica si care se determina cu ajutorul relatiei:

$$\Delta p = A \cdot W^n \text{ (mm col. } H_2O\text{) în care:}$$

A este coeficient constant pentru materialul dat si care se schimba în functie de gradul de îmbâcsire a peretelui filtrant ;

W - viteza raportata la întreaga suprafata a peretelui filtrant, m/sec;

n - exponent ce depinde de proprietatile materialului filtrant si de gradul impurificarii sale.

Stratul de praf depus se îndeparteaza prin sculturarea mecanica sau suflare inversa.

Amplasarea constructiei cu filtre saci se realizeaza prin intercalarea între sursa de gaze si ventilatoarele de vehiculare.

Pânzele sunt din diferite materiale (bumbac, lâna, lâna + fibre din materiale sintetice).

Filtrele cu saci moderne se realizeaza cu mai multe sectiuni cu dispozitive automate de sculturare mecanica sau curatire prin suflare inversa.

Criterii si performante de evaluare competitionala

- *Instalatiile moderne sunt constructii simple cu costuri scazute pentru constructia propriu-zisa dar ridicata pentru pânzele filtrante.*
- *Consumul de energie este relativ ridicat, determinat în principal, de pierderea de presiune a sacilor.*
- *Temperatura mediului dispers este într-o limita restrânsa (60- 70°C pentru tesaturi de bumbac; 90-110 °C pentru tesaturi de lâna; 90-150 °C pentru tesaturi mixte lâna + sintetice).*
- *Iesirea din aceste limite duce fie la colmatare fie la arderea sacilor.*
- *O exploatare îngrijita a filtrelor pentru saci, duce la randamente de purificare de 95-98,5%.*

Procedee de purificare umeda

Echipamentele de purificare pe cale umeda se bazeaza pe functionalitatea de creare a unui contact intim intre lichidul de stropire si particulele solide din mediul dispers. Acest lucru se realizeaza prin:

- *Pulverizarea în partea superioara a lichidului într-un spatiu închis. Pe la partea inferioara a spatiului respectiv se introduc gazele cu suspensii solide. Prin racirea gazelor si condensarea vaporilor de lichid iau nastere centri de coagulare a particulelor de praf care vor fi antrenati descendent cu lichidul pulverizat. Dupa acest procedeu se construiesc turnurile fara umplutura numite si scrubere. Eficienta de retinere a prafurilor din gaze este de 60-75%.*
- *O crestere a eficientei de umectare si de racire a gazelor se obtine folosind turnurile cu umplutura. Umplutura ofera o suprafata mare de contact între lichid si gaze. In plus, umplutura creaza posibilitatea folosirii fortelor de inertie. Curentul de gaz loveste peretele udat al umpluturii, particulele solide absorbindu-se în lichid. Eficienta de retinere a prafurilor în turnurile cu umplutura este de 75-85%.*
- *Intensificarea umectarii se poate realiza sub actiunea fortei centrifuge si de inertie, dupa care se construiesc dezintegratoarele. Efectul de purificare este de 95-97%.*

Elementele de apreciere optionala

- *Purificarea umeda poate fi luata în considerare ca solutie, atunci când este posibila racirea si umezirea gazelor.*
- *In cazul dezintegratoarelor, eficienta este satisfacatoare, dar creste consumul de energie electrica 5-6 KW/1000 Nmc gaz.*
- *Purificarea umeda se înscrie cu eficienta convenabila când continutul initial de suspensii în gaze este sub 2 gr/Nmc, ceea ce reclama în cazul gazelor metalurgice amplasarea în amonte a unor separatoare gravitationale sau centrifugale uscate.*
- *In ultima perioada procesele de purificare umeda au ajuns la performante superioare prin intensificarea efectului fortelor de inertie pe calea cresterii tulburentei (tuburi venturi, scrubere cu rezistenta ridicata prin strangularea admisiei gazelor si pulverizarea fina a lichidului de stropire).*
- *Separarea umeda a suspensiilor presupune constructii suplimentare pentru decantare, atunci când stropirea merge în circuit închis.*
- *Când suspensiile captate pe cale umeda sunt valoroase, reintroducerea în fluxul de prelucrare este dificila. Exceptie face linia ISP Copsa Mica, unde în procesul de aglomerare umiditatea prafurilor captate (slamuri) poate înlocui adaosul de apa la racirea aglomeratului retur.*
- *In metalurgia neferoasa prezenta dioxidului si trioxidului de sulf în gaze presupune constructii costisitoare pentru protejarea contra coroziunii.*

Concluzii

- *Luând în considerare câtiva parametri, ierarhizarea procedeelor se prezinta in tabelul 2.*
- *Optiunea pentru implementarea unui anumit procedeu trebuie coroborata cu caracteristicile mediului dispers (încarcare cu suspensii, compozitia mediului gazos, temperatura etc.).*
- *In amonte de echipamentele de separare electrostatica si umeda se monteaza camere de sedimentare sau cicloane.*
- *Continutul de dioxid de sulf si trioxid de sulf în gazele tehnologice din metalurgia neferoasa reclama costuri suplimentare de protejare anticorosiva, în special în cazul metodelor umede.*
- *Deoarece suspensiile retinute contin elemente valoroase, reciclarea lor în prelucrarea pirometalurgica presupune stare fizica uscata, ceea ce face ca optiunile sa aiba în vedere procedeele electrostatice si filtrele saci.*

Tabelul 2

Procedeul → Parametrul ↓	Camere si cicloane	Filtre electrice	Filtre - saci	Purificare umeda
Investitia *	2	4	1	3
Consum energetic *	2	1	4	3
Eficienta **	4	1	2	3
Cheltuieli exploatare*	2	1	3	4
* 1 < 2 < 3 < 4 ** 1 > 2 > 3 > 4	10	7	10	13

BIBLIOGRAFIE

[1] **Oprea Fl.** : *Procedee speciale în metalurgia metalelor neferoase*. Ed. Tehnica, Bucuresti, 1974
[2] **Moldovan P.** si col. : *Tehnologii metalurgice*. Ed. Didactica si Pedagogica, Bucuresti, 1984
[3] **Stratula C.**: *Purificarea gazelor*. Ed. Stintifica si Enciclopedica Bucuresti, 1984
[4] **Kasatchin D.**: *Procese si aparate în industria chimica*. Ed. Tehnica, Bucuresti, 1963
[5] **Pavlov N.** si col.: *Procese si aparate în ingineria chimica*. Ed. Tehnica, Bucuresti, 1981

REVISTA REVISTELOR

Steel Research, *Germania, nr.1, 1993*

- *Folosirea investigatiilor la echilibru în practica uzinala pentru ajustarea continutului minim de P, p.2*
- *Transferul de masa într-un convertizor rece cu insuflare prin vatra, p.7*
- *Teste pe model cald ale efectului improscarii din baia metalica în timpul decarburarii bailor de Fe-C prin injectia de oxigen pe deasupra baii, p.15*
- *Mecanismele generarii prafului într-un convertizor pentru elaborarea otelului inox, p.22*
- *Cinetica topirii deseurilor în baia de otel cu continut ridicat de carbon, p.28*
- *Cercetari asupra efectului Zn, asupra comportarii S în procesul de reducere a baii de fonta, p.35*
- *Cercetari experimentale asupra consumului de electrozi de grafit înveliti cu diferiti oxizi, p.35*
- *Distributia sulfului în baile de otel cu continut mic de S, p.45*
- *Realizari recente în puritatea otelului, p.48*
- *Cercetari în controlul proceselor termic si de dinamica fluidului în oala, p.54*
- *Noi materiale de referinta pentru sensori electrochimici folositi la masurarea pe flux a compozitiei baii de otel, p.63*
- *Cresterea controlata de coliziune a compozitelor în tuburile de turnare continua, p.71*
- *Cinetica arderii carbonului în pulberea de turnare lubrifianta, p.77*
- *Aspecte fizico-chimice ale comportarii incluziunilor în otel, p.87*
- *Efectul adaosului de Ca în fondantul cu continut de Al asupra proprietatilor mecanice ale otelului de constructii, p.93*
- *Pericolul fragilizarii cu hidrogen în otelurile pretensionate de mare rezistenta cu protectie catodica, p.97*

Blech/ Rohre/ Profile, *Germania, nr. 9, 1993*

- *Profilarea conturului pieselor de caroserie, p.655*
- *Îndoirea flexibila pe presa de îndoire în matrita, p.656*
- *Prelucrarea flexibila a tablei, p.660*
- *Îndoirea cu laser a aliajelor feroase si neferoase, p.666*
- *Metode de decupare cu precizie a tablei metalice ca alternative flexibile la decuparea conventionala, p.672*
- *Fabricarea miezurilor de transformator, p.679*

Giesserei, *Germania, nr.22, 1993*

- *Turnatorii de fonta, otel si maleabile - august 1993. Cerere scazuta, majoritatea comenzilor venind din domeniul constructiilor de masini, p.743*
- *Controlul continuu al uzurii captuselii de la cuptoarele de topire cu inductie, p.746*
- *Asigurarea preventiva a calitatii, p.752*
- *Sinteza bibliografica anuala: turnarea metalelor usoare în nisip si forme metalice:*
  - ♦ **P I** - *Aluminiu, baze metalografice, materiale si caracteristici, p.759*
  - ♦ **P II** - *Magneziu, p.766*
- *Informatii economice, p.774*
- *Scurte informatii tehnice, p.15*
- *Informatii DBF (Deutschen Formmeister - Bund)*
  - *Bazele tehnologiei topirii în cubilou, p.779*
  - *Prepararea materialelor de formare legate cu argila, p.782*

DETERMINAREA ENERGIEI DE RUPERE PRIN SOC A MASELOTELOR PIESELOR TURNATE DIN OTEL

Dr.ing.Ioan Ciobanu , conferentiar , ing Florin Chichernea, sef de lucrari, ing.Ana Veteleanu, sef de lucrari, ing. Florian Iunius, sef de lucrari, dr.ing. Al exandru Constantinescu profesor, ing. Dietmar Ehrilch, ing.Vasile Jiman, sef de lucrari , sing. Tudor Varzaru

Universitatea "Transilvania" Brasov

C.Z.:669 - 1.14

Ruperea prin soc constituie una dintre metodele utilizate obisnuit în turnatorii pentru îndepartarea maselotelor laterale mici si mijlocii, în cazul pieselor turnate din otel. Proiectarea maselotelor are în vedere în primul rând îndeplinirea rolului tehnologic - functional al acestora, de alimentare a nodurilor termice din piesa în timpul solidificarii, cu scopul de a preveni formarea retasurilor. Ca urmare la proiectare se au în vedere trei conditii: durata de solidificare a maselor sa fie mai mare decât durata de solidificare a nodului termic; - asigurarea cantitatii de metal lichid necesar pentru compensarea contractiei volumice la solidificare a piesei; - zone de influenta a maselotelor sa permita alimentarea completa a retasurilor din piesa.

In afara de aspectele functionale la maselotele care se îndeparteaza prin rupere trebuie sa se aiba în vedere si un factor economic prin reducerea consumului de energie pentru rupere. Consumul de energie la ruperea maselotelor este influentata de:

- *modul de aplicare a fortei de rupere;*
- *caracteristicile mecanice ale aliajului turnat;*

In laboratul de turnatorie de la Universitatea Transilvania din Brasov s-a efectuat un studiu experimental si teoretic privind influenta modului de aplicare a fortei de rupere asupra energiei de rupere prin soc a maselotelor laterale la piese din otel. Studiul s-a efectuat pentru reperul "corpul puntii spate" din componenta autocamioanelor. Aceste repere se toarna în mai multe variante, din otel marca 34 CrMo 04. Initial s-a efectuat un studiu asupra a structurii si proprietatilor mecanice a (în stare netratata termic) otelului din care sunt turnate puntile.

Studiul macroscopic al suprafetelor de rupere a maselotelor a pus în evidenta o diferentiere a granulatiei si anume: granulatie mai fina în maselotele mai mici si granulatie mare în maselotele legate la reteaua de turnare.

Studiul metalografic a pus în evidenta urmatoarele:

- *structura are o garantie mare si neuniforma cu dimensiunile grauntilor peste 1 mm;*
- *în structura apar separari de ferita cu tendinta de aspect Windmannstaten la limita grauntilor, reteaua de ferita este discontinua;*
- *ferita apare sub forma de graunti echiaxiali, îndeosebi pe incluziunile de sulfura;*

Tabelul 1

Dimensiunile initiale ale epruvetelor			Forta maxima de rupere	Energia de rupere prin tractiune	Dimensiunile finale ale epruvetei			Caracteristici mecanice				Energia specifica de rupere
d_0	l_o	s_0	F_{max}	W_r	d_n	l_n	s_n	σ^r	A	ψ	E	Wrs
mm		mm^2	daN	daNm	mm		mm^2	daN/mm^2	%		daN/mm^2	daN/cm3
10	50	78,54	6150	4,30	9,9	50,7	76,9	79,8	1,4	1,98	$0,57 \cdot 10^6$	1,10
			6080	4,25				78,9			$0,56 \cdot 10^6$	1,09
			6200	4,34				80,5			$0,57 \cdot 10^6$	1,11

Tabelul 2

Dimensiunile epruvetei							Energia de rupere, W_0	Energia de rupere, Wr	Rezilienta KCU
L	l	a	b	h	r	S			
mm						mm^2	daN • m		$daNm/cm^2$
55	40	8	10	2	2	80	30	0,84	1,05
								0,88	1,1
								0,74	0,92
								1,32	1,65
								1,42	1,77
								1,30	1,62

Tabelul 3

Dimensiunile epruvetei							Energia de rupere, W_0	Energia de rupere, W_r	Rezilienta KCU
L	l	D	d	h	r	S			
mm						mm^2	daN • m		$daNm/cm^2$
28	20	11,4	7,9	1,9	45	80	30	0,13	0,22
			7,6			45,3		0,1	0,64
			7,7					0,3	0,94
			7,7					0,44	0,58
			7,7					0,27	0,23
			7,8					0,11	0,26

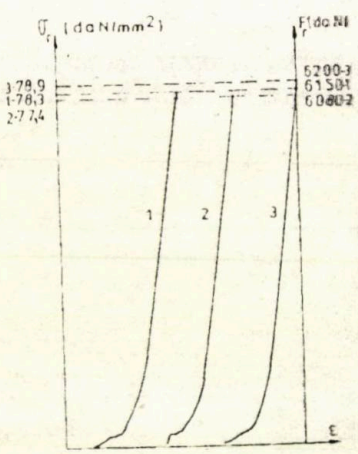


Fig. 1

Diagramele de rupere la încercarea la tractiune pe epruvete standardizate cu diametrul zonei calibrate d_0 = 10 mm

Tensile fracture diagrams on standard test pieces with 10 mm caliber diameter

- *constituentul principal al structurii este de tip bainitic cu aspect pronuntat acicular, determinat de viteza mare de racire dupa turnare si de prezenta elementelor de aliere. Caracteristicile mecanice în stare turnata sunt prezentate în tabelele 1, 2 si 3.*

In figura 1 sunt prezentate diagramele de rupere la încercarea la tractiune pe epruvete standardizate cu diametrul zonei calibrate d_0 = 10 mm.

Pentru energia specifica de rupere prin încovoiere cu soc s-au efectuat încercari de rezilienta, clasice cu sprijinirea epruvetei pe doua reazeme si cu fixarea acesteia în consola.

Analizând rezultatele determinate în cadrul încercarilor experimentale incluse în tabelele 1, 2 si 3 se desprind urmatoarele concluzii cu privire la caracteristicile mecanice:

- *rezistenta la rupere prin tractiune în stare turnata are valori medii, specifice otelurilor aliate;*
- *alungirea specifica la rupere prin tractiune si gâtuire la rupere sunt de asemenea foarte mici, ceea ce pune în evidenta o rupere tipic fragila cu consum specific relativ mic de energie;*
- *curbele de rupere prin tractiune si gâtuire cu un aspect caracteristic materialelor fragile (nu prezinta palier), ceea ce pune în evidenta o rupere brusca, fragila cu consum relativ redus de energie;*
- *energia specifica de rupere prin tractiune are valori relativ mici, comparabile cu valorile rezilientei;*
- *rezilienta are valori reduse, cuprinse între 0,9 - 1,7 daN/cm^2, ceea ce pune în evidenta o fragilitate medie a otelului în stare turnata.*

Ruperea dinamica prin soc reprezinta una dintre metodele de detasare a maselotelor care întruneste cele mai mari avantaje din punct de vedere al productivitatii, al consumului de energie si materiale. Ea se poate aplica la toate maselotele laterale si ar prezenta aventaje în ipoteza existentei unei instalatii universale de rupt maselote, prevazuta cu dispozitive specializate de asezare si fixare a pieselor, deoarece acestea ar permite detasarea maselotelor la o gama mai mare de repere.

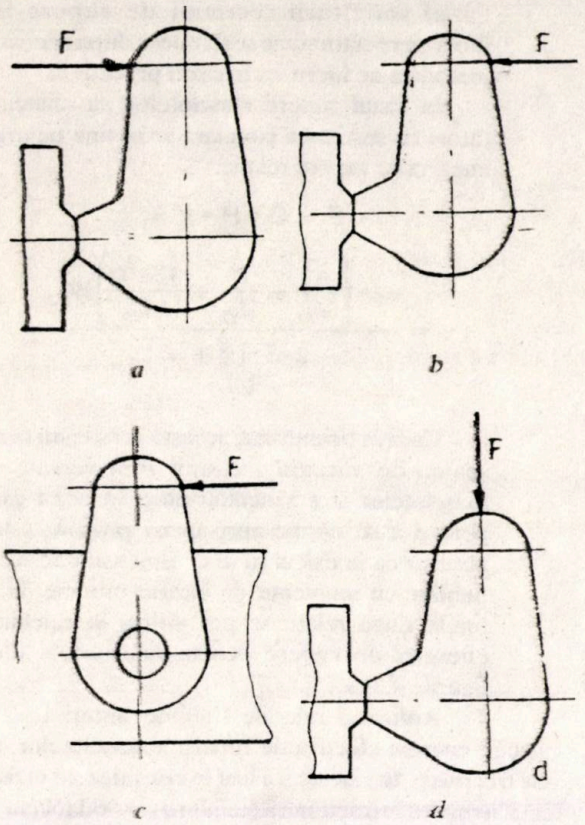


Fig. 2

Posibilitatile de aplicare a fortei dinamice de rupere a maselotelor laterale

Dynamic had possibilities to remove side headers

Ruperea dinamica prin soc se poate realiza în mai multe moduri în functie de directia si sensul de aplicare a loviturii. In figura 2 se prezinta posibilitatile de aplicare a fortei dinamice de rupere. Modul de aplicare al fortei influenteaza tipul solicitarilor care apar la rupere. In cazul aplicarii fortei ca în figura 2 a, sectiunea minima a alimentatorului maselotei este supusa la încovoiere si tractiune. In schema de solicitare din figura 2 b sectiunea în care are loc ruperea este solicitata la încovoiere si compresiune. Având în vedere ca ruperea se realizeaza mai usor prin tractiune si ca eforturile maxime în cele doua cazuri sunt identice, rezulta ca primul mod de aplicare a fortei este mai favorabil. In cazul aplicarii fortei ca în figura 2 c, sectiunea de rupere este solicitata la torsiune si încovoiere, iar în cazul schemei de aplicare a fortei ca în figura 2 d, sectiunea de rupere este solicitata la încovoiere si forfecare. Situatia cea mai favorabila de rupere, care necesita energie minima depinde în general de forma si dimensiunile maselotelor. Având în vedere ca înaltimea maselotelor este totdeauna mai mare decât diametrul acestora si decât distanta de la axa maselotei la sectiunea de rupere, se va exclude schema de solicitare din figura 2 d.

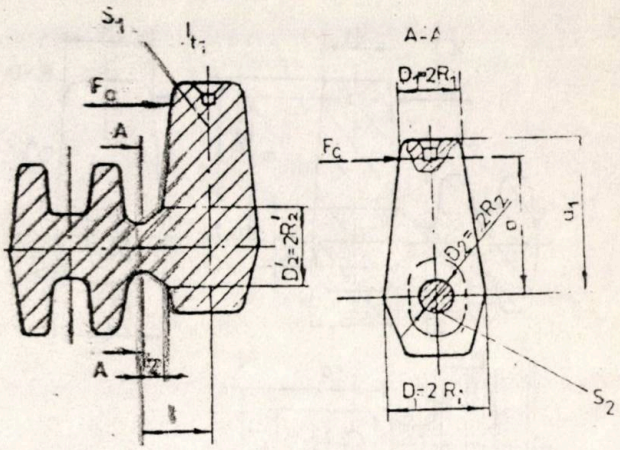


Fig. 3

Schematizare de calcul a energiei de rupere a maselotei

Computation diagram for header fracture energy

In cazul solicitarii din schema din figura 2 a, prin aplicarea fortei F_a lucrul mecanic de deformare L_i se calculeaza utilizând o schema clasica (fig. 3) în care maselota si alimentatorul ei formeaza o bara încastrata. Egalând lucrul mecanic de deformare cu energia potentiala preluata de la elementul de lovire, în ipoteza unei caderi libere se calculeaza forta care se aplica maselotei F_a. Efortul maxim produs de forta F_a în sectiunea S_2 trebuie sa fie mai mare decât rezistenta la rupere a piesei.

Pe baza acestor considerente si folosind notatiile din figura 3 se stabileste energia efectiva, necesara ruperii maselotei:

$$E = Q \cdot H \cdot k = \frac{\sigma_r^2 \cdot \left(\frac{a^3}{3I_{z_2}} + \frac{a^2 l_2}{I_{z_2}} + \frac{l_2}{A_2} \right)}{2 \cdot E \cdot \left(\frac{l_2}{A_2} + \frac{a}{W_{z_2}} \right)} \qquad (1)$$

unde: Q este greutatea partii cazatoare, H - înaltimea de cadere si k este coeficientul de preluare a energiei de catre maselota.

Aceasta relatie este stabilita în cazul schemei de calcul prezentata în figura 3, adica în cazul unei bare cotite cu sectiune constanta pe cele doua zone de lungime a si l_2.

In figura 4 sunt aratate forma si dimensiunile maselotelor de la puntile de 8 si 10 tone, iar în figurile 5 si 6 maselotele de la puntea de 13 tone.

Dimensiunile maselotelor sunt date centralizat în tabelul 4. In aceste cazuri calculul se face acoperitor, luându-se în considerare la calculul energiei de deformare dimensiunile sectiunilor cu rigiditate minima ale diverselor zone ale maselotelor.

In aceste conditii relatia determinata se poate utiliza pentru calculul energiei efective de rupere a diverselor maselote, toate aproximatiile fiind acoperitoare, în sensul ca rezultatele obtinute vor fi mai mari decât energia de rupere reala.

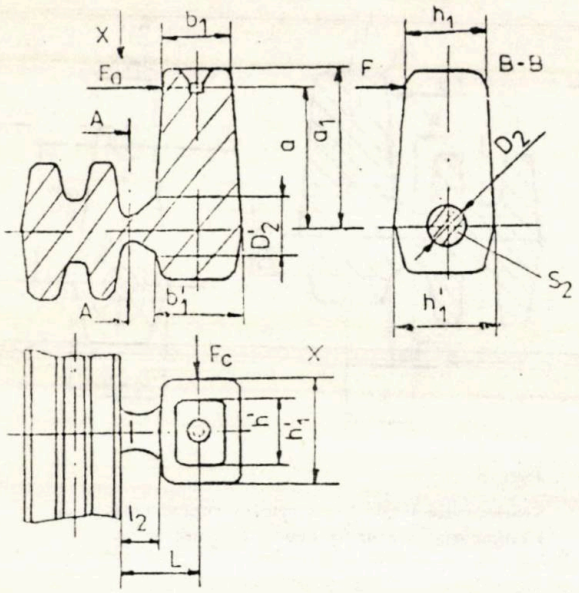


Fig. 4

Forma si dimensiunile maselotelor de la puntile de 8 si 10 tone
Header shape and size for 8 and 10 ton axles

Relatia de calcul a energiei de rupere în cazul solicitarii sectiunii de rupere la încovoiere si torsiune se stabileste dupa aceeasi metodica de lucru, ca în cazul precedent.

In cazul ruperii maselotelor cu alimentatori cu sectiunea circulara se obtine pentru energia de rupere relatia:

$$E = Q \cdot H \cdot k = \frac{\sigma_r^2 \cdot \left(\frac{a^3}{3I_{y_1}} + \frac{l^3}{3I_{y_2}} + \frac{13a^2 l_2}{I_0 I_{y_2}} \right) W_{y_2}^2}{2 \cdot E \cdot \left(l_2^2 + a^2 \right)} \quad (2)$$

Ca si în primul caz, aceasta relatie nu tine seama de variatia sectiunii transversale a maselotelor si a alimentatorilor. In acest caz pentru a se obtine aproximari pozitive este necesar ca în calcul sa se ia dimensiunile sectiunilor cu momente de inertie minime. Ultimile doua relatii se pot utiliza la calculul energiei de rupere pentru maselotele din figurile 4.....6.

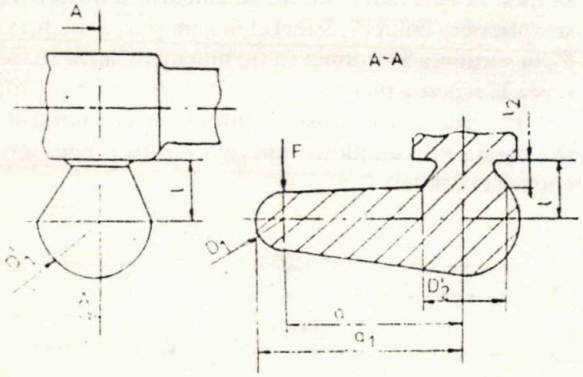


Fig. 5

Maselota laterala de la puntea de 13 tone
13 ton axle side header

Aplicând relatiile stabilite anterior, s-a calculat energia efectiva de rupere a maselotelor la cele trei punti. In calcule s-a luat în considerare rezistenta la rupere la tractiune a otelului $\sigma_r = 80 daN/cm^2$, stabilita în cadrul încercarilor de tractiune. De asemenea s-a luat în considerare modulul de elasticitate mediu, pus în evidenta la încercarea de tractiune (tab.1).Rezultatele obtinute sunt înscrise în tabelul 5. Analizând rezutatatele din tabele se constata ca ruperea dinamica a maselotelor, prin aplicarea unei forte care solicita sectiunea la încovoiere si tractiune, necesita în general o energie mai mica cu circa 20 % decât solicitarea compusa de încovoiere si torsiune. In realitate, din rezultatele obtinute experimental s-a constatat ca diferenta consumului de energie dintre cele doua moduri de rupere este mai mare deoarece în calculele efectuate nu s-a tinut seama de efectul de concentrator de efort în sectiunea de rupere.

In cadrul laboratoarelor de turnatorie ale Universitatii "Transilvania" din Brasov s-au efectuat o serie de încercari experimentale privind detasarea prin rupere a unor maselote de la cele trei punti, turnate la I.A.Brasov S.A. Incercarile s-au efectuat prin suspendarea unei greutati cu masa de 57 kg de cârligul podului rulant si ridicarea acesteia, prin pendulare la diverse înaltimi "h" în vederea acumularii de energie potentiala. Aplicarea fortei de rupere asupra maselotei s-a realizat prin lansarea libera a greutatii, în vederea transfomarii energiei potentiale în energie cinetica. Puntea s-a imobilizat prin asezarea unor reazeme masive în partea opusa locului de lovire. S-au

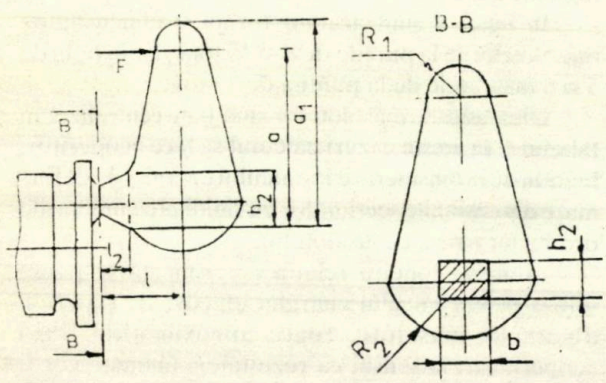


Fig. 6

Maselota frontala de la puntea de 13 tone
13 ton axle frontal header

Tabelul 4

Dimensiunile maselotelor conform cotelor din figurile 3 ÷ 6
Header sizes (fig. 3 - 6)

Tipul puntii	Tipul maselotei laterale	Dimensiuni														
		a_1	a	l	l_2	R_1	R_1'	R_2	h_1	b_1	h_1'	b_1'	b_2'	h_2'	h_2	b_2
tone		mm														
8	mica (pe retea)	220	200	80	20	-	-	44	35	110	120	146	-	-	-	-
	mare	235				-	-	49	80				-	-	-	-
10	mica (pe retea)	274	250		23	50	70	70	-	-			-	-	-	-
	mare	260		651	8	-	-	60	70	130	107	165	-	-	-	-
13	mare (pe retea)	270		67	18	48	49	40	-	-	-	-	-	-	-	-
	mica centrala	220	180	60	10	40	50	-	-	-	-	-	90	80	60	35
	frontala				15			-	-	-				90	45	65
	centrala directa	80	50	35	10	-	-	-	45	65	50	70	60	40	20	40

Tabelul 5

Rezultatele calculului energiei de rupere a maselotelor
Header fracture energy

Tipul puntii (tone)	Tipul maselotei	Rezistenta de rupere la tractiune, daN/mm^2	Modulul de elasticitate, daN/mm^2	Energia de rupere prin incovoiere, daN•m*	Energia de rupere prin torsiune, daN •m
8	laterala mica pe retea	8000	$0.57 \cdot 10^6$	18,3	21,9
8	laterala mare			31,2	35,8
10	laterala mica pe retea			22,2	25,9
10	laterala mare			115,8	126,4
13	mare			6,8	8,2
13	mica			3,0	3,6
13	frontala			14,4	6,4
13	centrala directa			1,4	0,2

* Rezultatele au fost obtinute prin calcul pe baza relatiilor (1 - 2); cu valorile din tabelul 1

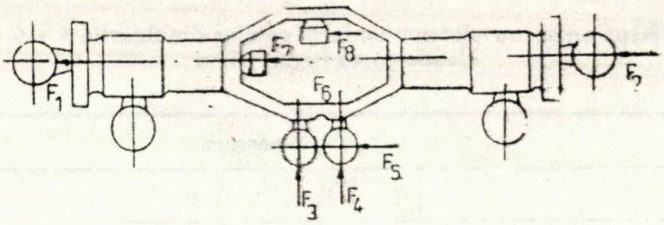


Fig. 7

Modul de aplicare a fortei de rupere la maselotele de la puntea de 13 tone
Fracture loading on 13 ton axle headers

Tabelul 6

Rezultatele experimentale privind detasarea maselotelor prin soc
Impact header removal results

Tipul puntii (tone)	Tipul maselotei	Modul de rupere	Solicitarea in sectiunea de rupere	Modul de aplicare a fortei	Energia totala de rupere, daN•m	Observatii
13	laterala, frontala	cu soc	încovoiere + tractiune		56	s- a rupt (o lovitura)
				Fig. 7		
			încovoiere + compresiune		10 3	s- a rupt (o lovitura)
					44,8	s-a rupt (3 lovituri)
					50,8	nu s-a rupt (4 lovituri)
	directa centrala		încovoiere + torsiune		50,8	s-a rupt (3 lovituri)
			încovoiere + tractiune		100,8	s-a rupt (3 lovituri)
			încovoiere + compresiune		11,2	s-a rupt (o lovitura)
			încovoiere + torsiune		14	s-a rupt (3 lovituri)

efectuat mai multe încercari, aplicându-se forta de lovire pe diverse directii si sensuri. In figura 7 se arata modul de aplicare a fortei de lovire la diverse încercari.

Rezultatele si observatiile desprinse în urma acestor experiente sunt prezentate în tabelul 6. Analizând rezultatele experimentale se observa ca solicitarea cea mai favorabila a maselotelor, care asigura ruperea cu consumul cel mai mic de energie este solicitarea compusa de încovoiere cu tractiune. Energia de rupere masurata experimental este mai mare decât cea calculata. Aceasta se explica prin faptul ca piesa nu a fost fixata rigid. O parte din energia pendulului s-a consumat în acest fel.De asemenea, o parte din energia initiala nu s-a folosit efectiv pentru rupere, ci a ramas acumulata sub forma de energie reziduala în pendul.

Toate aceste rezultate pot sta la baza atât a dimensionarii energetice a unor instalatii de rupere dinamica a maselotelor reperelor studiate cât si a altor repere daca exista conditiile de similitudine necesare.

OPTIMIZAREA PROCESULUI DE OBTINERE ELECTROLITICA A PULBERII DE CUPRU DE CALITATE IMPUSA - DETERMINAREA REGIMURILOR OPTIME -

Dr. ing. Dragos Taloi, dr. ing. Ioan Constantin, ing. Gheorghe Matei - Universitatea "Politehnica" Bucuresti
ing. Liana Drule - C.P.R.O.N.E.F. Baia Mare

C.Z.:669.21.8

PREZENTAREA PROBLEMEI

Modelul matematic obtinut este reprezentat de ecuatiile (1) - (4) [3]:

$$\tilde{y}_1 = 11{,}36+1{,}50x_1 + 1{,}41x_2 + 2x_3 + 3{,}61x_4 + 2{,}42x_1x_2 + 1{,}73x_2x_4 + \\ + 0{,}27x_1x_4 - 2{,}57x_1^2 + 1{,}22x_2^2 + 0{,}39x_3^2 + 0{,}67x_4^2 \quad (1)$$

$$\tilde{y}_2 = 53{,}83+5{,}38x_1 + 1{,}64x_2 + 2{,}43x_3 + 8{,}95x_4 + 1{,}19x_1x_2 + 1{,}19x_2x_4 + \\ - 0{,}69x_1x_4 - 0{,}26x_1^2 + 1{,}37x_2^2 + 2{,}47x_3^2 + 0{,}83x_4^2 \quad (2)$$

$$\tilde{y}_3 \cdot 100 = 142 - 9{,}21x_1 + 0{,}5x_2 + 5{,}37x_3 + 16{,}17x_4 + 3{,}375x_1x_2 + 2{,}875x_2x_4 + \\ + 2{,}125x_1x_4 - 3{,}84x_1^2 - 3{,}84x_2^2 - 2{,}74x_3^2 - 4{,}11x_4^2 \quad (3)$$

$$\tilde{y}_4 = 28{,}24 - 1{,}73x_1 + 1{,}21x_2 + 2{,}55x_3 - 6{,}26x_4 + 1{,}49x_1x_2 + 2{,}19x_2x_4 + \\ - 1{,}77x_1x_4 + 0{,}23x_1^2 - 2{,}65x_2^2 - 1{,}9x_3^2 + 2{,}44x_4^2 \quad (4)$$

unde:

$\tilde{y}_1$ - fractia granulometrica cu particule ce au dimensiuni mai mari de 0,2 mm

$\tilde{y}_2$ - viteza de curgere, s/50g,

$\tilde{y}_3$ - densitatea aparenta, g/cm^3

$\tilde{y}_4$ - fractia granulometrica cu particule ce au dimensiuni mai mici de 0,63 mm

Variabilele de intrare, considerate drept parametri de intrare ai procesului sunt: [3]

» *Temperatura* z_1 , ^0C;

» *Densitatea de curent* z_2, A/m^2 ;

» *Durata procesului,* z_3 , *min;*

» *Concentratia cuprului în electrolit* z_4, *g/l*

Deoarece în proces se doreste obtinerea unei cantitati minime de pulbere din clasa cu fractie granulometrica peste 0,2 mm, problema pe care dorim sa o rezolvam este o problema tipica de programare neliniara, în care functia obiectiv (relatia 1) precum si restrictiile problemei (relatiile 2 - 4) sunt functii neliniare.

Trebuie sa se precizeze valorile parametrilor procesului (x_1, x_2, x_3, x_4) care minimizeaza functia obiectiv ($\tilde{y}_1$) cu respectarea totodata a restrictiilor ($\tilde{y}_2, \tilde{y}_3, \tilde{y}_4$).

STABILIREA UNOR REGIMURI OPTIMALE

• *A1*

Datorita faptului ca mai importanta apare restrictia $\tilde{y}_4$, o prima procedura de rezolvare a sistemului de ecuatii (1) - (4) consta în fixarea parametrilor x_1 si x_3 la anumite valori, iar pentru fiecare set de valori al acestor parametri se determina prin calcul, prin metoda multiplicatorilor Lagrange, valorile celorlalti doi parametri, x_2 si x_4 .

În acest fel se urmareste minimizarea functiei obiectiv ($\tilde{y}_1$) cu respectarea restrictiei $\tilde{y}_4$ ($\tilde{y}_4 = a$; a fiind o valoare impusa).

Parametri fixati:

Temperatura: 35^0C, adica $x_1 = 0$

Durata procesului: 120 min., adica $x_3 = 0$.

În aceste conditii functia obiectiv y_1 si restrictia problemei $\tilde{y}_4$ capata urmatorul aspect:

$$\tilde{y}_1 = 11,36 + 1,41x_2 + 3,61x_4 + 1,22x_2^2 + 0,67x_4^2 + 1,73x_2x_4 \quad (5)$$

$$\tilde{y}_4 = 28,24 + 1,21x_2 - 5,26x_4 + 2,19x_2x_4 - 2,65x_2^2 + 2,44x_4^2 \quad (6)$$

Se alcatuieste functia Lagrange de forma:

$$F = y_1 + \lambda(y_4 - a). \quad (7)$$

$$F = 11,36 + +(28,24 - a) + (1,41 + 1,21\lambda)x_2 + (3,61 - 5,26\lambda)x_4 +$$

$$+ (1,73 + 2,19\lambda x_2x_4 + (1,22 - 2,65\lambda)x_2^2 + (0,67 - 2,24\lambda)x_4^2 \quad (8)$$

Functia Lagrange astfel obtinuta se deriveaza în raport cu x_2, x_4 si λ, obtinându-se un sistem de trei ecuatii cu trei necunoscute:

$$\frac{\partial F}{\partial x_2} = (2,44 - 5,3\lambda)x_2 + (1,73 + 2,19\lambda)x_4 + 1,41 + 1,21\lambda = 0 \quad (9)$$

$$\frac{\partial F}{\partial x_4} = (1,73 + 2,19\lambda)x_2 + (1,34 - 4,48\lambda)x_4 + 3,61 - 5,2\lambda = 0 \quad (10)$$

$$\frac{\partial F}{\partial \lambda} = 1,21x_2 - 5,26x_4 + 2,19x_2x_4 - 2,65x_2^2 - 2,24x_4^2 = k \quad (11)$$

unde s-a notat cu $k = a - 28,24$, a fiind valoarea impusa.

Primele doua ecuatii ale sistemului se rezolva în raport cu x_2 si x_4 obtinându-se urmatoarele rezultate:

$$x_2 = \frac{-6,0986\lambda + 3,5015\lambda + 4,3559}{18,9479\lambda - 25,6106\lambda + 0,2727} \quad (12)$$

$$x_4 = \frac{-30,5279\lambda - 37,1486\lambda - 6,3691}{18,9479\lambda - 25,6106\lambda + 0,2727}$$

Relatiile (12) se introduc în expresia (11), obtinându-se o ecuatie de gradul patru în λ:

$$(1124,363 - 359,023\ k)\lambda^4 - (3082,096 - 970,534k)\lambda^3 + (1897,59 - 666,389k)\lambda^2 +$$
$$(238,809 + 14,173\ k)\lambda^1 - 191,1766 - 0,0765k = 0$$

ale carei solutii (functie de k, pentru $a = 20$) sunt urmatoarele: $\lambda_1 = 0,1741$; $\lambda_2 = -0,1511$; $\lambda_3 = 1,534$; $\lambda_4 = 1,156$;

Pentru $\lambda_1 = 0,1741$, înlocuind în relatiile 12 se obtine: $x_2 = -1,325$; $x_4 = 0,2298$;

Folosind relatiile de codificare $z_i = z_i^0 + \Delta z_i$ se obtine:

$$z_2 = z_2^0 + x_2\Delta z_2 = 823A/m^2 \quad (14)$$

$$z_4 = z_4^0 + x_4\Delta z_4 = 15,7\ g/l\ Cu \quad (15)$$

si înlocuind în relatiile (1) - (4) rezulta valorile:

$\tilde{y}_{1min} = 11,97 = 12\%$; $\tilde{y}_2 = 56\ s/50\ g$; $\tilde{y}_3 = 1,38\ g/cm^3$; $\tilde{y}_4 = 20\ \%$

Procedând în mod analog pentru fiecare valoare a lui λ se obtin valorile din tabelul 1.

Tabelul 1

	λ	$\hat{x}_2$	$\hat{x}_4$	$\hat{z}_2$	$\hat{z}_4$	$\tilde{y}_{min}$
1	0,171	- 1,325	0,2298	823	15,7	11,97
2	- 0,1511	0,805	- 2,7670	866	6,7	4,57
3	1,5340	0,829	- 3,127	833	3,6	9,26
4	1,156	- 0,063	- 1,053	849	18,0	15,70

Se constata ca o serie de valori obtinute pentru z_4 au valori ce nu pot fi acceptate (continutul de cupru in electrolit nu poate scadea sub valoarea de 10 g/l [2], si in acest caz impunem pentru z_4 ca valoare minima admisa 10 g/l, adica $x_4 = -1,667$.

Datorita faptului ca pentru aceste cazuri valorile x_4 sunt în afara domeniului de experimentare, se impune o mare atentie în alegerea regimului optimal deoarece modelul matematic s-ar putea sa nu fie adecvat (se impune testarea practica obligatorie a regimului obtinut).

Dupa efectuarea modificarilor prezentate s-au obtinut valorile din tabelul 2 (valorile x_2 si z_2 ramanând nemodificate).

Tabelul 2

	f	$\hat{x}_4$	$\hat{z}_4$	$\tilde{y}_{min}$	$\tilde{y}_2$	$\tilde{y}_3$	$\tilde{y}_4$
1	0,171	0,2298	15,70	11,97	56	1,38	20
2	- 0,1511	- 1,6670	10,00	6,80	69	0,97	27
3	1,156	- 1,0530	18,00	15,70	45	1,54	20

• *A2*

Problema de optimizare se poate rezolva fara a impune valori parametrilor x_1 si x_3. În acest caz, pentru rezolvare se foloseste tot metoda multiplicatorilor Lagrange, impunând pentru y_2, y_3, y_4 ca restrictii valorile a2, a3, a4.

Functia Lagrange obtinuta în aceste conditii este de forma:

$$F = \tilde{y}_1 + {}_1(\tilde{y}_2 - a2) + {}_2(\tilde{y}_3 - a3) + {}_3(\tilde{y}_4 - a4) \tag{16}$$

respectiv:

$$\begin{aligned} F = {} & 11,36+1,50x_1 + 1,41x_2 + 2x_3 + 3,61x_4 + 2,42x_1x_2 + 1,73x_2x_4 + \\ & + 0,27x_1x_4 - 2,57x_1^2 + 1,22x_2^2 + 0,39x_3^2 + 0,67x_4^2 + \\ & + \lambda_1(53,83+5,38x_1 + 1,64x_2 + 2,43x_3 + 8,95x_4 + 1,19x_1x_2 + 1,19x_2x_4 - \\ & - 0,69x_1x_4 - 0,26x_1^2 + 1,37x_2^2 + 2,47x_3^2 + 0,83x_4^2 - a2) + \\ & + \lambda_2(1,42 - 0,0921x_1 + 0,005x_2 + 0,0537x_3 + 0,1617x_4 + 0,03375x_1x_2 + 0,02875x_2x_4 + \\ & + 0,02125x_1x_4 - 0,03384x_1^2 - 0,0384x_2^2 - 0,0274x_3^2 - 0,0411x_4^2 - a3) + \\ & + \lambda_3(28,24 - 1,73x_1 + 1,21x_2 + 2,55x_3 - 6,26x_4 + 1,49x_1x_2 + 2,19x_2x_4 + \\ & + 1,77x_1x_4 + 0,23x_1^2 - 2,65x_2^2 - 1,9x_3^2 + 2,44x_4^2 - a4) \end{aligned} \tag{17}$$

Derivând functia Lagrange în functie de $x_1, x_2, x_3, x_4, \lambda_1, \lambda_2, \lambda_3$ rezulta urmatorul sistem de sapte ecuatii cu sapte necunoscute:

$$\frac{\partial F}{\partial x_1} = 1,50 + 5,38\lambda_1 + 0,091\lambda_2 - 1,73\lambda_3 + x_2(2,42 - 1,19\lambda_1 + 0,03373\lambda_2 + 1,45\lambda_3) + x_4(0,27 - 0,69\lambda_1 + 0,02125\lambda_2 + 1,77\lambda_3) + 2x_1(-2,57 - 0,26\lambda_1 - 0,0384\lambda_2 + 0,25\lambda_3) = 0 \tag{18}$$

$$\frac{\partial F}{\partial x_2} = 1,41 - 1,64\lambda_1 - 0,005\lambda_2 + 1,21\lambda_3 + x_1(2,42 - 1,19\lambda_1 + 0,03375\lambda_2 + 1,45\lambda_3) + x_4(1,73 + 1,19\lambda_1 + 0,0875\lambda_2 + 2,19\lambda_3) + 2x_2(1,22 + 1,37\lambda_1 - 0,0384\lambda_2 - 2,65\lambda_3) = 0 \tag{19}$$

$$\frac{\partial F}{\partial x_3} = 2 - 3,43\lambda_1 + 0,0537\lambda_2 + 2,5\lambda_3 + 2x_3(0,39 + 2,47\lambda_1 + 0,0274\lambda_2 + 1,90\lambda_3) = 0 \tag{20}$$

$$\frac{\partial F}{\partial x_4} = 3,61 - 8,95\lambda_1 + 0,1617\lambda_2 - 5,26\lambda_3 + x_1(0,27 - 0,69\lambda_1 + 0,2125\lambda_2 + 1,77\lambda_3 + z_2(1,73 + 1,19\lambda_1 + 0,02875\lambda_2 + 2,19\lambda_3 + 2x_4(0,67 + 0,83\lambda_1 + 0,41\lambda_2 - 2,24\lambda_3) = 0 \tag{21}$$

$$\frac{\partial F}{\partial \lambda_1} = (53,83 - a2) + 5,38x_1 - 1,64x_2 - 2,43x_3 - 8,95x_4 - 1,19x_1x_2 - 0,69x_1x_4 + 1,19x_2x_4 - 0,26x_1^2 +$$

$$+ 1{,}37x_2^2 + 2{,}47x_3^2 + 0{,}83x_4^2 = 0 \quad (22)$$

$$\frac{\partial F}{\partial \lambda 1} = (1{,}42 - a3) + 0{,}0921x_1 - 0{,}005x_2 + 0{,}0537x_3 + 0{,}1617x_4 + 0{,}03375x_1x_2 + 0{,}02125x_1x_4 +$$

$$0{,}02875x_2x_4 - 0{,}0384x_1^2 - 0{,}0384x_2^2 + 0{,}0274x_3^2 + 0{,}0411x_4^2 = 0 \quad (23)$$

$$\frac{\partial F}{\partial \lambda 2} = (28{,}24 - a4) - 1{,}73x_1 + 1{,}21x_2 + 2{,}5x_3 - 5{,}26x_4 + 1{,}45x_1x_2 + 1{,}77x_1x_4 + 2{,}19x_2x_4 +$$

$$+ 0{,}25x_1^2 - 2{,}65x_1^2 - 1{,}90x_1^2 - 2{,}24x_1^2 = 0 \quad (24)$$

Tabelul 3

	a2	a3	a4	$\hat{x}_1$	$\hat{x}_2$	$\hat{x}_3$	$\hat{x}_1$	$\tilde{y}_{1min.}$
1	60	1.1	20	0.002	0.622	- 1.397	0.176	11.52
2	60	1.1	15	5.448	4.935	0.194	0.704	-
3	60	1.1	25	0.465	0.692	- 0.750	- 0.166	11.76
4	60	1.2	20	- 0.031	0.591	- 1.409	0.171	11.29
5	60	1.2	15	3.439	4.923	0.193	0.698	-
6	60	1.2	25	0.271	0.620	- 0.929	- 0.206	10.98
7	60	1.3	20	0.869	0.964	- 1.203	0.423	15.35
8	60	1.3	25	0.194	0.530	- 0.871	- 0.206	10.52
9	60	1.3	15	5.307	4.750	0.183	0.592	-
10	55	1.1	20	- 0.180	0.597	- 1.219	0.358	11.89
11	55	1.1	15	0.006	- 0.999	- 0.905	0.627	11.11
12	55	1.1	25	0.406	- 0.297	- 0.187	0.235	11.4
13	55	1.2	20	- 0.179	0.597	- 1.299	0.358	11.89
14	55	1.2	15	0.035	- 1.063	- 0.825	0.615	11.16
15	55	1.2	25	0.411	- 0.280	-0.182	0.236	11.41
16	55	1.3	20	- 0.177	0.601	-1.218	0.358	11.92
17	55	1.3	15	0.051	-0.083	-0.794	0.613	11.88
18	55	1.3	25	1.029	- 0.148	0.383	0.416	12.08
19	65	1.1	20	3.126	2.749	0.033	- 1.679	-
20	65	1.1	15	5.010	4.555	0.171	0.408	-
21	65	1.1	25	1.313	1.137	-0.315	- 0.602	11.77
22	65	1.2	20	3.048	2.710	0.034	- 0.182	-
23	65	1.2	15	5.003	4.568	0.172	0.427	-
24	65	1.2	25	1.310	1.135	-0.316	- 0.603	11.76
25	65	1.3	20	3.123	2.813	0.039	- 0.137	-
26	65	1.3	15	4.990	4.530	0.169	0.390	-
27	65	1.3	25	1.315	1.136	-0.315	0.601	11.76

Considerând pentru a2, a3, a4 valorile din tabelul 3 prin rezolvarea sistemului de ecuatii (18) - (24) au rezultat solutiile $\hat{x}_1, \hat{x}_2, \hat{x}_3, \hat{x}_4$, prezentate în acelasi tabel care sunt introduse în ecuatia (1) duc la obtinerea maximului cautat ($\tilde{y}_{1max}$, tab. 3).

Obs. Pentru valori ale lui $\hat{x}_2$ mai mari decât 2,00 s-a renuntat la calcularea valorilor $\tilde{y}_{1max}$.

Concluzii

» *În aceasta lucrare este prezentat modelul matematic al obtinerii prin electroliza a pulberii de cupru de o anumita calitate, relatiile (1) - (4), model care este utilizat în scopuri de optimizare.*

» *Prin aplicarea metodei multiplicatorilor Lagrange s-au obtinut diferite regimuri de lucru dintre care câteva pot fi selectate ca regimuri optimale si anume cele care corespund pentru* $\hat{x}_2 < 2{,}00$ *si* $\tilde{y}_{1max} < 11{,}00$ *(pozitia 2 din tabelul 2 si pozitiile 6 si 8 din tabelul 3.*

» *Pentru a avea o anumita siguranta în utilizarea practica, se impune obligatoriu testarea în prealabil a acestor regimuri cu precizarea erorii de calcul a modelului matematic.*

BIBLIOGRAFIE

[1] **Taloi D.:** *Optimizarea proceselor tehnologice*. Editura Academiei R.S.R. Bucuresti, 1978
[2] **Constantin I.:** Metalurgia cuprului. Litografia I.P.B., Bucuresti, 1989, vol. II
[3] **Taloi D., Constantin I., Drule Liana, Matei G.:** *Optimizarea procesului de obtinere electrolitica a pulberii de cupru de calitate impusa - determinarea modelului matematic.* În: Metalurgia, România, nr. 9, 1994

REVISTA REVISTELOR

Revue de Métallurgie, *Franta, nr. 9, 1993*

- *Difractia fasciculului de electroni convergent de la analiza structurala la aceea a interfetei si debitelor, p.1074*
- *Structura materialelor necristaline dezordonate: metodele variatiei contrastului, p.1075*
- *Caracterizarea defectelor si microstructurilor prin topografia determinata prin radiatie de neutroni si sincrotrona, p.1076*
- *Studiul suprafetelor si interfetelor prin reflectometrie de raze X si neutroni, p.1077*
- *Pretratamentul în morfologia matematicii, p.1078*
- *Caracterizarea microstructurii prin teoria grafurilor, p.1079*
- *Utilizarea analizei de imagini în siderurgie, p.1080*
- *Caracterizarea cantitativa a microstructurii aliajelor pe baza de Ni, p.1081*
- *Masuri pe functii: caracterizarea parametrica a imaginilor în trepte de gri si utilizarea la suprafete neplane, p.1082*
- *Prognozarea îmbunatatirii în folosinta a pieselor din otel inox austenito-feritic turnate, p.1083*
- *Instabilitatea microstructurala a otelurilor austenito-feritice îmbunatatite la temperaturi intermediare (300-500°C), p.1084*
- *Metodele care permit evaluarea îmbatrânirii in-situ a otelurilor turnate austenito-feritice, p.1085*
- *Comportamentul la coroziune al aliajelor de Zr cu sau fara iradiere, p.1086*
- *Îmbatrânirea prin iradiere a pieselor din otel inox, p.1087*
- *Factorii metalurgici ai tenacitatii otelului pentru recipiente, p.1088*
- *Efectul iradierii asupra caracteristicilor mecanice ale otelului pentru recipiente, formulele de prognozare, efectul segregatiilor, p.1089*
- *Mecanismele de fragilizare a otelurilor pentru cazane prin iradiere, p.1090*
- *Coroziunea la compresie a aliajelor de Ni; influenta parametrilor metalurgici, chimici si fizico-chimici, p.1091*
- *Structura atomica, compozitia si difuzia la interfete; aportul metodelor de simulare numerica, p.1092*
- *Simularea numerica în chimia structurala, p.1093*
- *Structuri celulare: aplicatii la policristale, p.1094*
- *Termodinamica si transportul de material, catre depunerea chimica de vapori (CVD) a ciparilor, p.1095*
- *Câteva probleme de formare electromagnetica, p.1096*
- *Modelarea tratamentului termic al otelurilor; de la concepte la simularea procedeelor, p.1097*

CERCETARI PRIVIND LAMINAREA TABLELOR CU GROSIMI MARI DIN BRAME TURNATE CONTINUU

Dr.ing.Nicolae Cananau, conferentiar universitar
ing.Ana Doniga, asistent universitar
ing.Gheorghe Gurau, asistent universitar
ing.Ionel Petrea, asistent universitar

Universitatea "Dunarea de jos" Galati

C.Z.: 621.771.23

Conditii tehnologice si de structura la laminarea tablelor cu grosimi mari din brame turnate continuu

Laminarea tablelor cu grosimi mari din brame turnate continuu aduce economii importante prin eliminarea cheltuielilor din etapa tehnologica lingou-sleb.

In cazul tablelor cu grosimi mai mari de 40 mm dificultatea principala o constituie gradul de deformare total, relativ mic, ceea ce impune un studiu atent asupra calitatii bramei turnate continuu, cazul cu influenta regimului tehnologic al laminarii la cald asupra structurii si proprietatilor finale ale produsului laminat.

Bramele turnate continuu au structura neuniformă si prezinta porozitate, mai intensa în vecinatatea jumatatii grosimii (fig.1).

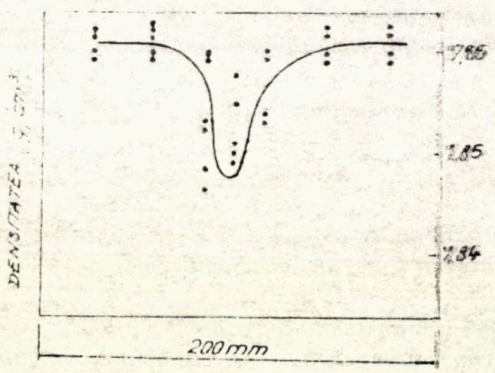


Fig. 1

Profilul densitatii pe grosimea tablei
Density profile on plate thickness

Laminarea la cald trebuie condusa astfel încât sa determine uniformizarea si finisarea structurii, precum si compactarea tablei.

Uniformizarea structurii se realizeaza daca gradul de deformare, exprimat prin coroiajul $C = H/h$, este mai mic sau egal cu 2,5, unde: H reprezinta grosimea bramei iar h - grosimea tablei laminate.

Compactarea se realizeaza prin deformarea porilor, pâna când suprafetele superioare si inferioare ajung în contact. La temperatura de deformare ridicata si sub presiunea de deformare, are loc sudarea porilor si prin acest mecanism eliminarea lor.

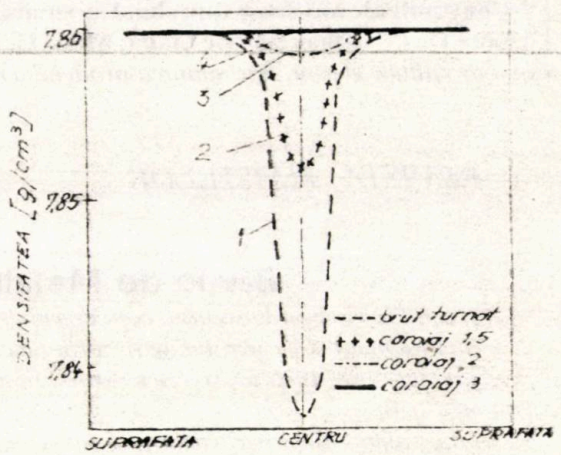


Fig. 2

Influenta coroiajului asupra densitatii
Rolling reduction influence on density

Cercetarile sistematizate in lucrarea [1] evidentiaza rolul pe care îl are coroiajul asupra porozitatii (fig.2).

La o valoare a coroiajului mai mare de 3, densitatea tablei laminate din brama turnata continuu, determinata prin metoda absortiei radiatiei penetrante se mentine constanta pe întreaga grosime a produsului (curba 4), fata de starea brut turnata (curba 1) si, deci, are loc compactarea acesteia.

Coroiajul maxim, la care se realizeaza compactarea tablei, se micsoreaza atunci când reducerea pe trecere este mare (fig.3), ajungând la 2,3 - 2,5. De aceea, conditiile tehnologice pentru a lamina bramele turnate continuu în table cu grosimi mari sunt:

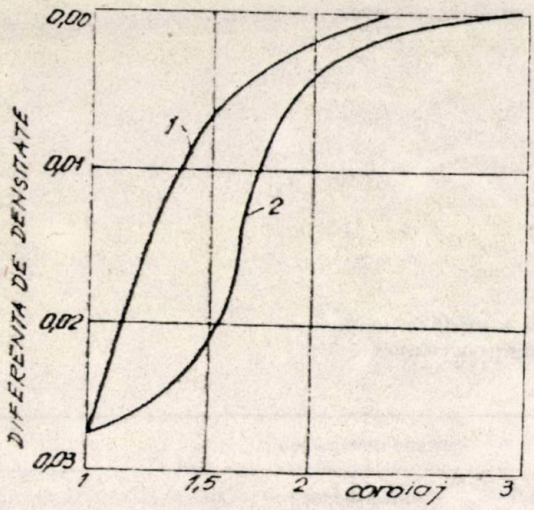


Fig. 3.

Variatia densitatii in cursul laminarii: 1 - reduceri mari pe trecere; 2 - reduceri mici pe trecere
Density variation during rolling: 1 - great path reductions; 2 - small path reductions

» temperatura de laminare sa fie cât mai mare, pentru a favoriza recristalizarea dinamica si compactarea;

» coroiajul total sa fie de minimum 2,5;

» reducerile pe treceri sa tinda catre valorile maxime pe care le poate suporta utilajul de laminare.

Temperatura de laminare ridicata are ca efect o dimensiune a grauntelui cristalin relativ mare. De aceea, este necesar sa se aplice un regim termomecanic de laminare finala in scopul finisarii structurii. Cercetarile efectuate in laborator au aratat ca temperatura de inceput de laminare pe caja finisoare de 890 - 910°C si un grad de deformare pe aceasta caja de minimum 25 - 30% sunt conditii suficiente pentru finisarea structurii.

In consecinta, laminarea tablelor cu grosimi de 40 - 80 mm din brame turnate continuu va cuprinde doua etape tehnologice:

» etapa de compactare si uniformizare a structurii, care se desfasoara pe caja degrosisoare;

» etapa de finisare a structurii, care are loc pe caja finisoare în regim termomecanic controlat.

Principiile enuntate anterior, precum si caracteristicile tehnico functionale ale cajelor de laminare de la sectia LTG 2 a Combinatului Siderurgic SIDEX S.A. Galati au dus la realizarea unui set de scheme de laminare, din care, în tabelul 1, se prezinta unele exemple.

Cercetari industriale

Schemele de laminare propuse au stat la baza unui program de cercetare desfasurat în cadrul sectiei LTG 2 de la Combinatul Siderurgic Galati. Conform programului au fost elaborate câte doua sarje din marcile de otel RSt-2 DIN 17100 (Germania) si 43A BS 4360 (Anglia) care au fost turnate în brame de format 250 x 1500 mm si laminate în table cu grosimi de 45 - 60 mm.

In tabelul 2 sunt redate schemele de laminare a unor table groase.

Incercarile mecanice si tehnologice, impuse prin standardele otelurilor cercetate, au fost efectuate în laboratoarele specializate ale SIDEX S.A. Galati.

Toate tablele au corespuns la încercarea la tractiune, la îndoire si la încercarea de rezilienta. In figura 4 se prezinta repartitia frecventei cumulate a proprietatilor mecanice în cazul otelului RSt 37-2, iar în figura 5 pentru otelul 43 A.

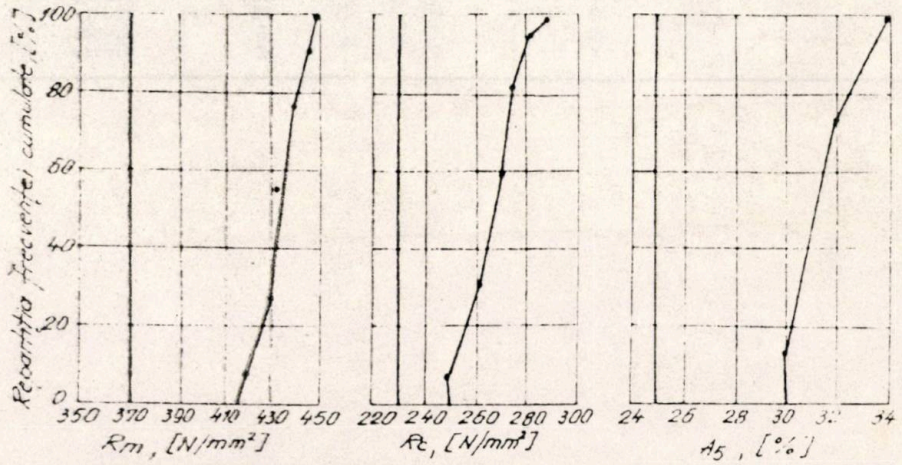


Fig. 4

Repartitia frecventei cumulate a proprietatilor mecanice pentru otelul RSt 37 - 2
Cumulated frequency distribution of mechanical properties for RSt 37 - 2 steel grade

Tabelul 1

Exemple de scheme de laminare propuse
Suggested rolling procedures

Grosime brama, mm	Grosime tabla, mm	Schema de laminare				
		Nr. trecere	Grosime, mm	Reducere, mm	Obs.	Temp. °C
300	50	0	300	-	-	
		1	260	40	degrosisor	1150- 1180
		2	220	40	degrosisor	
		3	180	40	degrosisor	
		4	140	40	degrosisor	
		5	105	35	degrosisor	
		6	80	25	finisor	
		7	65	15	finisor	890 - 910
		8	52	13	finisor	
		9	50	2	finisor	
300	80	0	300	-	-	
		1	260	40	degrosisor	1150 - 1180
		2	220	40	degrosisor	
		3	180	40	degrosisor	
		4	140	40	degrosisor	
		5	105	35	degrosisor	
		6	85	20	finisor	890 - 910
		7	80	5	finisor	
250	50	0	250	-	-	
		1	210	40	degrosisor	1150 - 1180
		2	170	40	degrosisor	
		3	140	30	degrosisor	
		4	115	25	degrosisor	
		5	100	15	degrosisor	
		6	80	20	finisor	890 - 910
		7	65	15	finisor	
		8	52	13	finisor	
		9	50	2	finisor	
250	80	0	250	-	-	
		1	210	40	degrosisor	1150 - 1180
		2	170	40	degrosisor	
		3	130	40	degrosisor	
		4	105	25	finisor	890 - 910
		5	90	15	finisor	
		6	82	8	finisor	
		7	80	2	finisor	

Tabelul 2

Exemple de scheme de laminare propuse
Suggested rolling procedures

Dimensiune tabla, mm	Schema de laminare				Temperatura	
	Caja	Nr. trecere	Grosime, mm	Reducere, mm	De început	De sfârsit
42 x 2500	-	0	250	-		
	D	1	220	30		
	D	2	190	30		
	D	3	160	30		
	D	4	144	16		
			rotire 90			
	D	5	120	24		
	D	6	95	25		
	D	7	80	15		1015
	F	8	65	15	910	
	F	9	50	15		
	F	10	42	8		853
50 X 2000		0	250	-		
	D	1	210	40		
	D	2	180	30		
			rotire 90			
	D	3	150	30		
	D	4	122	28		
	D	5	100	22		
	D	6	80	20		
	F	7	70	10		1015
	F	8	60	10	910	
	F	9	50	10		
						853
60 X 2500	-	0	250			
	D	1	220			
	D	2	190			
	D	3	162			
	D	4	144			
			rotire 90			
	D	5	120			
	D	6	100			
	D	7	85			1015
	D	8	80	910	910	
	F	9	70			
	F	10	62			856
	F	11	60			

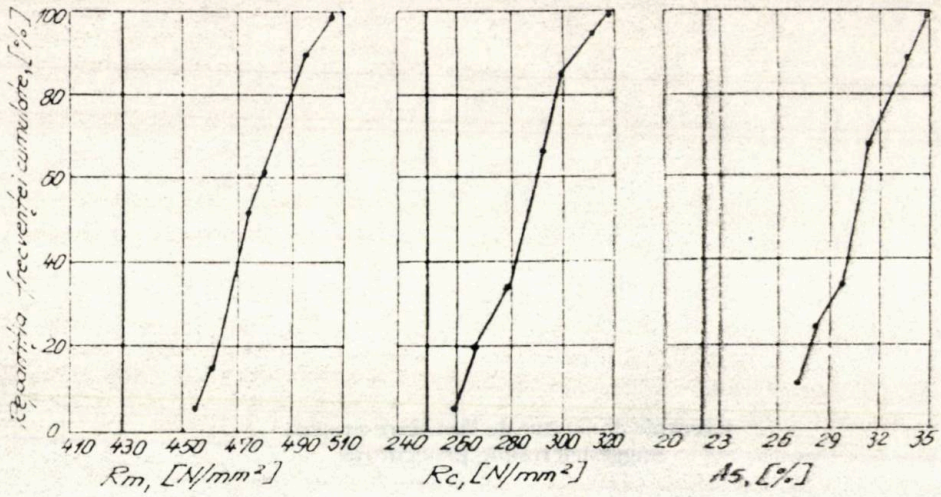


Fig. 5

Repartitia frecventei cumulate a proprietatilor mecanice pentru otelul 43 A
Cumulated frequency distribution of mechanical properties for 43 A steel grade

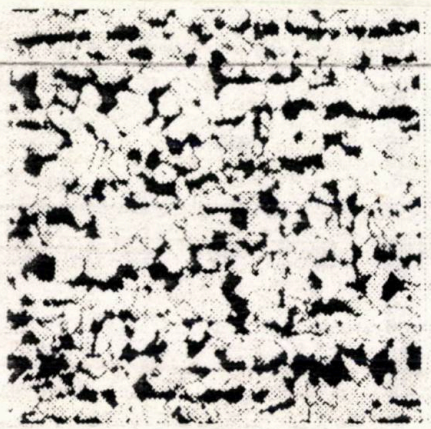


Fig. 6

Microstructura otelului RSt 37 - 2 laminat atac nital 2% (x 100)
Rolled RSt 37 - 2 steel microstructure 2 % nital etching; x 100

Atât proprietatile de rezistenta (rezistenta la rupere, limita de curgere) cât si proprietatile de plasticitate (alungirea la rupere) au fost superioare limitelor recomandate în standarde.

Controlul cu ultrasunete a evidentiat o buna compactare a materialului. S-au stabilit clase de calitate M3S3 - M1S1.

Microstructura, cu aspect de structura în benzi, a avut un grad ridicat de finisare (punctaj 7-8) si este exemplificata în figura 6.

Concluzii

Cercetarile au fost justificate de necesitatea retehnologizarii industriei siderurgice. Bramele turnate continuu se pot lamina în table cu grosimi mari în conditiile: coroiaj total minim 2,5; reduceri mari pe trecere si temperaturi de laminare cât mai ridicate în etapa de laminare pe caja degrosisoare.

Schemele de laminare propuse au fost confirmate prin rezultatele cercetarilor industriale.

Toate tablele laminate au corespuns conditiilor de calitate impuse prin standarde.

Tehnologia de laminare cercetata a fost omologata si adoptata la Sectia LTG 2 a Combinatului Siderurgic SIDEX S.A. Galati.

BIBLIOGRAFIE

[1] **Gange P., Lacroix, M.Wanin,M:** *Rôle du corroyage sur la santé interne de produits issus de coulée continue.* In: Revue de Métallurgie, ianuarie 1984, p.4

[2] **Barbe J.** - *Action de progrés en coulée continue - produits - entretien - développements.* Symposium Franco-Roumain, Galati, august, 1990

[3] **Lesoult G.** - *Formation de la première peau et qualité de surface des produits coulées en continu. Symposium Franco- Roumain.* Galati, august 1990

[4] *** - *Presentation des coulées continues de l'acierie d'Usinor.* **Dunkerque,** France. In: Revue de Métallurgie, iunie, 1984

[5] **Larreag M.,Sayuez C.,Wanin M.:** *Modèle mathématique de la solidification en coulée continue tenant comp de la convention a l'interface solide - liquide.* In: Revue de Métallurgie, iunie, 1978

[6] **R. W. Hertzberg,R.H.Goodenow:** Microalloying. Session III, 1975

[7] **M.Fukuda, T.Hasimoto:** Microalloying. Washington, U.S.A., 1975

TEHNOLOGIE DE ELABORARE CU CONSUM REDUS DE VAR METALURGIC A OTELULUI ÎN CONVERTIZOR LD

dr. ing. Viorel Munteanu, ing. Dorina Onu, ing. Ion Tofan, sing. Ion Tabacaru
S.C. I.C.P.P.A.M. S.A. Galati

C.Z.: 669.184.144.66

În conditiile actuale, se impune din ce în ce mai mult gasirea de noi cai pentru: micsorarea consumurilor specifice de energie, materii prime si materiale auxiliare concomitent cu îmbunatatirea calitatii produselor, folosirea pe scara larga a deseurilor (zgurilor) rezultate din procesul de elaborare având ca scop valorificarea componentelor utile din acestea si depozitarea ei, gasirea cailor de rezolvare a unora dintre cele mai importante probleme pe care le ridica elaborarea otelului în convertizoare LD si care au dus la obtinerea unei noi tehnologii de elaborare a otelului.

Valorificarea zgurilor de otelarie constituie o preocupare intensa în toate tarile cu industrie siderurgica dezvoltata, atât din considerente economice cât si din punct de vedere ecologic, renuntându-se la formarea de noi halde.

Tehnologia pe care o propunem prevede înlocuirea unei parti din varul metalurgic adaugat în mod obisnuit în încarcatura convertizorului cu zgura rezultata în urma elaborarii altei sarje de otel, zgura fiind supusa între timp unor procese de prelucrare în cadrul Instalatiei de Valorificare a Zgurii (IVZ).

♦ **Zgura IVZ**, prin compozitia sa, poate sa asigure din primul minut de suflare a oxigenului:

» formarea unei zguri bazice active, care sa determine desfasurarea cu usurinta a proceselor de afinare, protejarea zidariei de uzura a convertizorului;

» protejarea de oxidare a fierului din baia metalica;

» dizolvarea cât mai rapida a varului prin prezenta oxizilor de fier si mangan în compozitia sa;

» cresterea cantitatii de var metalurgic înlocuit prin zgura IVZ, utilizând în încarcatura aceiasi cantitate de zgura (% CaO mare în zgura).

În privinta proprietatilor fizice, zgura de convertizor prezinta:

¤ *rezistenta la soc mica;*

¤ *aspect mat în spartura la zgurile bazice;*

¤ *culoare bruna-neagra la zgurile cu mult FeO;*

¤ *greutatea volumetrica 2,5 kg/dm^3.*

♦ **Zgura IVZ** utilizata trebuie sa aiba umiditatea cât mai mica (max 3%), deoarece prin hidratarea oxizilor liberi de calciu si magneziu, zgura IVZ nu mai are efectul scontat în formarea zgurii bazice, active si introduce o anumita cantitate de hidrogen care trece în otel.

♦ Micsorarea ponderii fractiei marunte în clasa granulometrica 10 ÷ 50 mm duce la pierderi de zgura solida prin aspirarea acesteia de catre exhaustor si introducerea ei în instalatiile de epurare a gazelor în timpul introducerii în convertizor.

Prin tehnologia de elaborare, care consta în utilizarea zgurii IVZ în încarcatura convertizorului, s-a urmarit:

» intensificarea procesului de formare a zgurii;

» recuperarea elementelor utile (fier, mangan, oxid de calciu, oxid de magneziu) din zgura;

» reducerea consumului de var metalurgic;

» stabilirea cantitatii optime de zgura IVZ utilizata în încarcatura convertizorului, fara a avea consecinte negative în privinta calitatii otelului.

Experimentarile efectuate au constat în realizarea de sarje la care s-a înlocuit partial varul din încarcatura cu zgura IVZ, la OLD1 - C.S. SIDEX S.A. Galati.

Zgura IVZ s-a introdus începând cu 1,0 t/sarja pâna la 5,0 t/sarja, reducând corespunzator cantitatea de var metalurgic, astfel încât sa nu fie afectat procesul de elaborare, calitatea otelului si celelalte consumuri de materiale.

Tinând seama ca zgura solida IVZ utilizata în timpul experimentarilor contine circa 52% (CaO + MgO), a fost calculata cantitatea de var dizlocuit, astfel:

$$Q_{var} = \frac{\%(CaO + MgO) \times cant.zgura}{\%CaO_{var}} \quad [t]$$

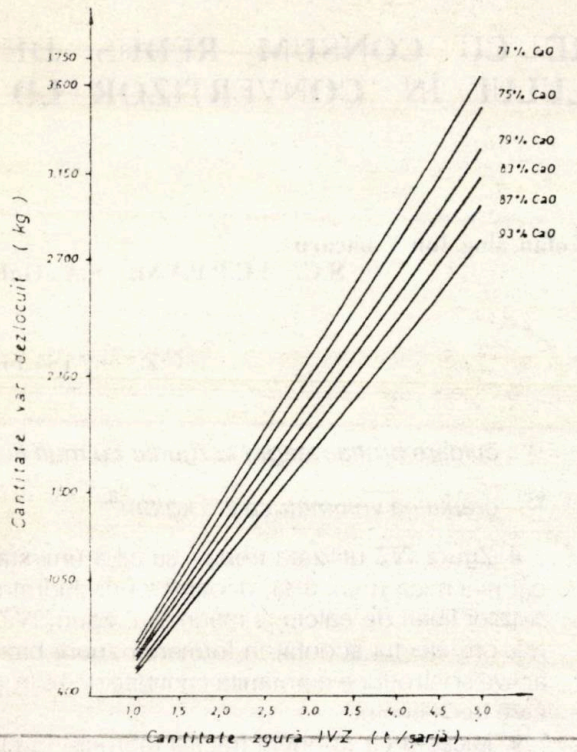


Fig. 1

Cantitatea de var dizlocuit prin utilizarea zgurii în încarcatura convertizoarelor
Lime quantity replaced by using processed slag in converter charge

In figura 1 este prezentata cantitatea de var dizlocuit de zgura IVZ.

Introducerea în componenta încarcaturii a zgurii IVZ aduce în convertizor sub forma de oxid de fier o cantitate de fier apreciabila, ceea ce are drept consecinta micsorarea cantitatii de fier oxidat din baia metalica. Scaderea pierderilor de fier din zgura duce implicit, la marirea recuperarii de fier din încarcatura metalica.

In figura 2 este prezentata influenta cantitatii de zgura IVZ asupra scoaterii de otel lichid, iar figura 3 reda variatia consumului specific de fonta lichida în functie de cantitatea de zgura IVZ din încarcatura.

Zgura IVZ folosita în încarcatura aduce în zgura finala, o data cu fierul si o cantitate apreciabila de oxigen sub forma de oxid feric si feros, ceea ce duce la scaderea consumului specific de oxigen.

Variatia consumului specific de oxigen, în functie de cantitatea de zgura IVZ din încarcatura convertizorului este redata în figura 4.

La convertizorul cu oxigen, caldura necesara pentru mentinerea în stare lichida a baii metalice se obtine din procesele exoterme ce au loc în cursul afinarii (reactiile de oxidare a siliciului, fierului, fosforului si carbonului).

In cazul folosirii zgurii IVZ, se micsoreaza cantitatea de caldura consumata pentru formarea zgurii, prin micsorarea cantitatii de var adaugat, economisindu-se astfel cantitatea de caldura necesara încalzirii si disocierii acestuia în comparatie cu sarjele care utilizeaza încarcatura obisnuita unde, pentru încalzirea si disocierea varului în zgura, serveste caldura rezultata din procesele exoterme care au loc în timpul afinarii.

Zgura de convertizor influenteaza defosforarea prin continutul sau în fier, oxid de calciu, bazicitate mare si fluiditate. Indepartarea fosforului se realizeaza prin fixarea oxidului sau (P_2O_5) în zgura cu ajutorul unor oxizi bazici, mai ales cu ajutorul oxidului de calciu:

$$2[P] + 5(FeO) + 3(CaO) = (Ca_3P_2O_8) + 5[Fe]$$

$$2[P] + 5(FeO) + 4(CaO) = (Ca_4P_2O_9) + 5[Fe]$$

Esenta procesului de desulfurare consta în transformarea sulfurii de fier în sulfuri de mangan.

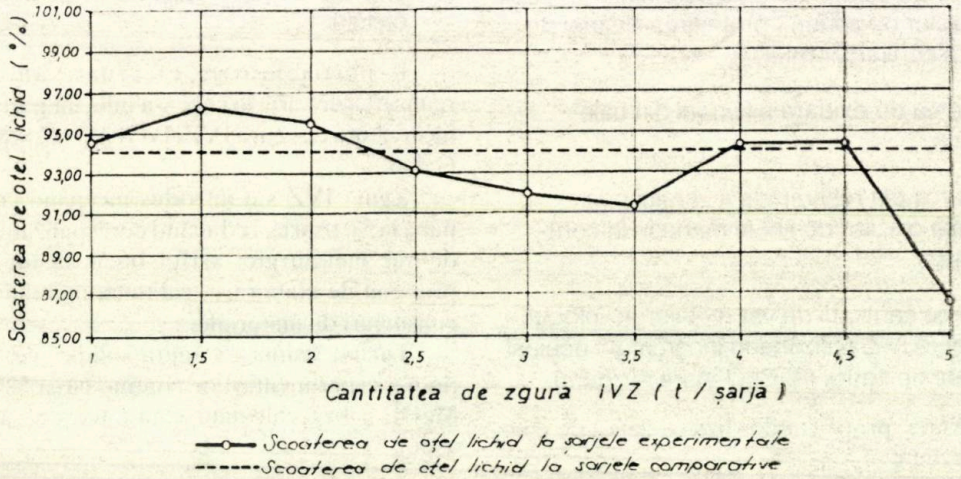


Fig. 2

Influenta cantitatii de zgura IVZ asupra scoaterii de otel lichid
The influence of processed slag quantity on liquid steel efficiency

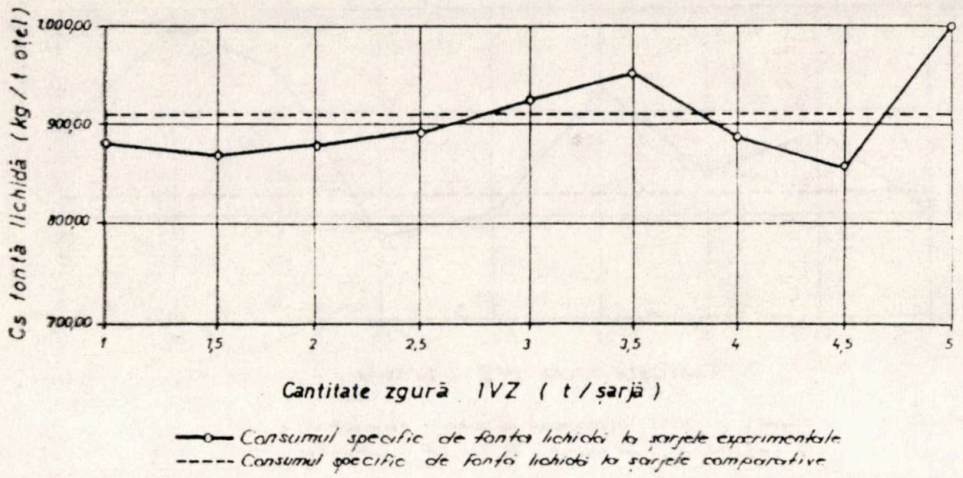


Fig. 3

Variația consumului specific de fonta lichida de variația cantității de zgura IVZ.
Liquid iron specific consumption variation depending on processed slag used

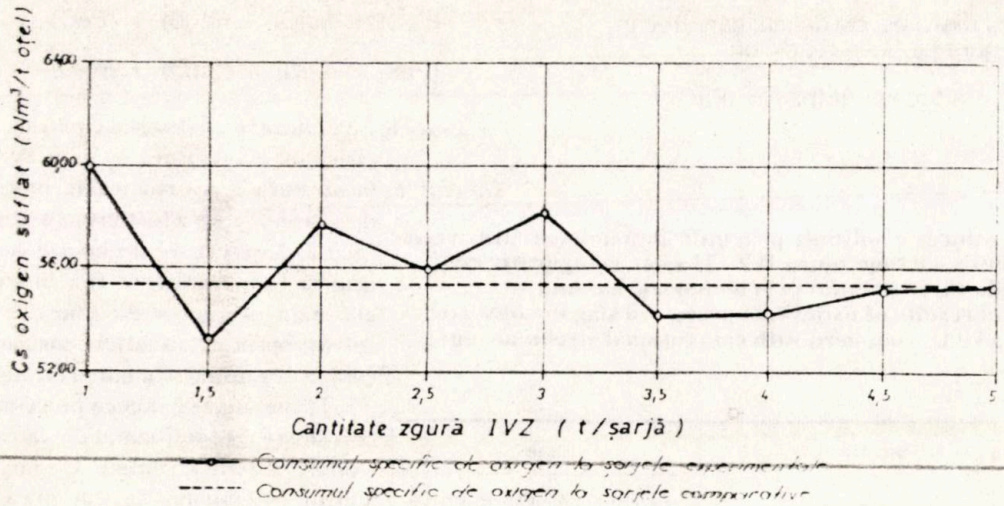


Fig. 4

Influența cantității de zgura IVZ asupra consumului specific de oxigen
Processed slag quantity influence on specific oxygen consumption

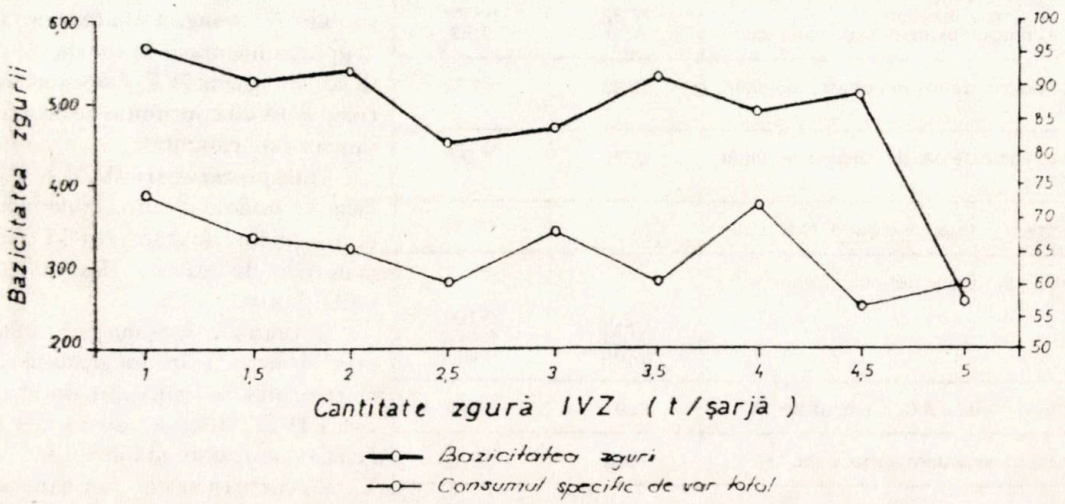


Fig. 5

Variația bazicității zgurii finale și consumului specific de var, funcție de cantitatea de zgura IVZ din încărcătura
Final slag basicity and lime consumption variations depending on processed slag used

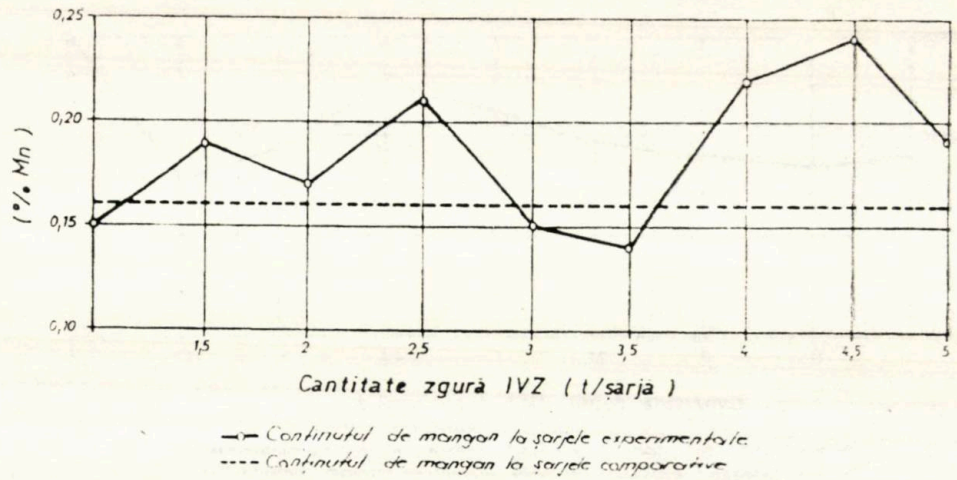


Fig. 6

Variatia continutului de mangan din baia metalica la oprirea insuflarii, functie de cantitatea de zgura IVZ administrata
Metal melt manganese content variation at injection stop depending on processed slag used

magneziu si mai ales, de calciu, care trec în zgura pe baza reactiilor:

$$[FeS] + (MnO) = (MnS) + (FeO)$$

$$[FeS] + (MgO) = (MgO) + (FeO)$$

$$[FeS] + (CaO) = (CaO) + (FeO)$$

La sarjele experimentale, în timpul campaniei de elaborare a otelului cu zgura IVZ în încarcatura convertizorului, procesul de dezoxidare nu a fost urmarit în mod special, deoarece zgura nu actioneaza asupra baii metalice (ca în cazul elaborarii în cuptor electric cu arc), zgura propriu-zisa a sarjei ramânând în convertizor dupa evacuarea otelului.

Tabelul 1

Rezultatele metalurgice obtinute prin utilizarea în încarcatura convertizorului a 4,0 tone zgura IVZ (23 kg/t), comparativ cu elaborarea otelului prin tehnologia curenta
Metallurgical results of using 4.0 t processed slag in converter charge (23 kg/t) compared with conventional steel making

Parametrul urmarit	Sarje	
	Experimentale	Comparative
Consumul specific , kg/t otel - fonta lichida - fier vechi - var total, din care: - pentru vatra - în timpul insuflarii - în timpul resuflarii si pentru racire	 887,74 171,82 85,91 - 77,32 8,59	 909,57 152,02 95,41 4,46 88,72 2,23
- Consum specific de oxigen pentru insuflare, Nm^3/t otel	53,23	53,38
- Consum specific de oxigen pentru resuflare, Nm^3/t otel	0,95	1,96
- Consum specific total de oxigen, Nm^3/t otel	54,18	55,34
- Compozitia chimica a metalului dupa insuflare, % - Mn - P - S	 0,220 0,021 0,013	 0,160 0,018 0,013
- Temperatura metalului dupa insuflare, °C	1691	1678
Temperatura de evacuare a metalului, °C	1686	1675
- Scoaterea de otel lichid (din încarcatura metalica) , %	94,38	94,08

Tinând însa seama ca procesul de dezoxidare este influentat de starea de oxidare a baii metalice la sfârsitul afinarii, este normal ca si asupra acestei perioade se va simti o oarecare influenta.

In figura 6, în ideea celor aratate anterior este prezentata variatia continutului de mangan din baia metalica la oprirea insuflarii în functie de cantitatea de zgura IVZ din încarcatura, comparativ cu continutul de mangan al sarjelor experimentale.

Transportul zgurii IVZ folosita s-a facut cu mijloace auto, urmarindu-se urmatorul flux de transport: IVZ - hala materiale de adaos - buncar de zi OLD1 la cota +43.

Rezultatele metalurgice obtinute prin utilizarea în încarcatura convertizorului a cantitatii optime de zgura IVZ (4t/sarja sau 23 kg/t otel lichid) sunt redate în tabelul 1.

Determinarea consumului specific optim de zgura a fost facuta în functie de bazicitatea optima a zgurii

finale si a consumului de var (fig.5). Consumul optim de zgura IVZ a fost stabilit ca fiind de 4,0 t/sarja, ceea ce reprezinta un consum specific de zgura de aproximativ 23 kg/t otel.

CONCLUZII

Tehnologia propusa consta în administrarea în convertizorul LD, înca din primul minut al insuflarii oxigenului, a unei cantitati de aproximativ 23 kg zgura IVZ/tona de otel.

In functie de continutul de CaO din varul utilizat, cantitatea de zgura administrata dizlocuieste o anumita cantitate de var, care nu va mai fi încarcata în convertizor. In timpul experimentarilor industriale, economia de var metalurgic a fost de aproximativ 10 kg/tona de otel.

Datorita continutului în oxizi de fier, zgura IVZ administrata în încarcatura convertizorului duce la cresterea scoaterii de metal din încarcatura metalica. Pentru lotul de sarje experimentale scoaterea a crescut cu aproximativ 0,2%.

Continutului bogat în oxizi i se datoreaza si usoara scadere a consumului specific de oxigen insuflat, cu aproximativ 1 Nm^3/ tona de otel.

De mentionat ca în aceste conditii se mentin temperatura otelului lichid la sfârsitul insuflarii si continuturile reziduale în elemente nedorite în otel (P,S).

In toata perioada experimentarilor industriale efectele tehnico economice ale tehnologiei noi au fost puse în evidenta, extinderea metodei fiind mai mult legata de probleme de organizare a unui flux eficient de transport al zgurii de la Instalatia de Valorificare a Zgurii catre otelarii.

BIBLIOGRFIE

[1] **M.Krucinski** : *Utilizarea zgurii solide reciclare în procesul de elaborare în convertizorul cu insuflare de oxigen*. In: Hutnik, Polonia, nr.2, 1984

[2] *** *Folosirea zgurilor solide de circulatie la elaborarea otelului cu continut redus de mangan în convertizor*. In: Ciornaia Metalurghia, U.R.S.S., nr.22, 1985

[3] **I. Tripsa** : *Tehnologii noi pentru reducerea consumurilor de materiale la elaborarea otelurilor în convertizoarele cu oxigen*. In: Metalurgia, nr.5, 1986

[4] **** *Utilizarea zgurilor din otelarii ilustrate prin câteva exemple*. In: Stahl und Eisen, Germania, nr.3, 1980

REVISTA REVISTELOR

Revue de Métallurgie, *Franta, nr. 9, 1993*

- Curgeri granulare: câteva simulari numerice, p.1098

- Structura si termodinamica monostructurilor sticloase si cristaline, p.1099

-Elaborarea prin mecanosinteza a materialelor cu monostructura (aliaje metalice, semiconductori, materiale ceramice), p.1100

- Comportamentul mecanic al monomaterialelor, p.1101

-Dispersia monoparticulelor în matrice ceramice si metalice, p.1102

- Studiu structural în functie de temperatura al superaliajelor pe baza de Ni monocristaline prin difractometrie de neutroni si raze gamma, p.1104

- Studiul aliajelor amorfe monosegregate prin difuzie centrala sub radiatie sincrotrona, p.1105

- Folosirea difractiei de raze X cu incidenta razanta la studiul microstructural al unui otel 316 L implantat cu N_2, p.1106

- Complementaritatea procedurilor masurarilor cu raze X si cu neutroni pentru determinarea tensiunilor reziduale într-un compozit cu matrice metalica, p.1107

- Influenta tensiunilor reziduale asupra comportarii la tractiune a unei epruvete turnate cu crestatura dubla, p.1108

- Analiza prin difractie de raze X a evolutiei tensiunilor reziduale legate de gravarea de linii într-un cip de wolfram depus prin vaporizare pe un suport de Si, p.1109

- Studiul microstructurii de deformare prin difractie de "mare rezolutie": contributia interfetelor si a interiorului celulelor de dislocatie, p.1110

-Influenta oboselii termice asupra repartitiei tensiunilor într-o pelicula depusa cu bec de plasma pe otelul Z38CDV5, p.1111

- Câteva progrese recente în caracterizarea materialelor prin microdifractie electronica si difractie electronica în fascicul convergent, p.1112

- Analiza diagramei de difractie electronica a fazei T_2 a AlLiCu, p.1113

- Investigarea la TEM a fazei cvasicristaline Al-Cu-Co, p.1114

-Linia constanta e/a si fazele Hume-Rothery în sistemele cvasicristaline Al-Cu-Fe si Al-Cu-Fe-Cr, p.1115

UNELE ASPECTE ALE TRANSFORMARILOR STRUCTURALE ÎN OTELUL ALIAT CU 3% SILICIU

Dr.ing. Doina Raducanu, sef de lucrari - Universitatea "Politehnica" Bucuresti
ing. Ion Ciuca, ing. Aurelian Raducanu - S.C. INTEC S.A. Bucuresti

C.Z.: 669.15.194

Aspecte generale

Proprietatile magnetice si electrice deosebite ale otelului aliat cu 3% Si sunt în primul rând o consecinta a faptului ca celula elementara cristalina (cub cu volum centrat) este orientata cristalografic în raport cu directia de laminare. La rândul ei, celula elementara cub cu volum centrat este caracterizata de o marcata anizotropie magnetica în raport cu directiile cristalografice [100], [110] si [111]. Magnetizarea deosebit de usoara în raport cu directia cristalografica [100] impune ca otelul sa aiba o structura feritica pe care sa se poata realiza texturarea cristalografica. In acest sens trebuie asigurata pe cât posibil înca de la elaborare o structura feritica cu max. 25 -30 % austenita, iar în al doilea rând, continutul de impuritati trebuie redus la minimum.

Scaderea continutului de carbon sub 0,02 % la elaborare este recomandabila deoarece apar efecte daunatoare, cum ar fi cresterea brusca a continutului de oxigen care nu poate fi îndepartat complet la dezoxidare. Argumentul hotarâtor este faptul ca la un procent de carbon mai mic de 0,02% se pierde controlul granulatiei si al texturii [1].

Prin prelucrari ulterioare (recoacere de decarburare) este posibil ca acesta (continutul de carbon) sa scada la max. 0,003% valoare care asigura structura monoferitica.

De asemenea, pentru a se realiza textura cristalografica (110), [001] este necesara prezenta unor elemente care inhiba cresterea grauntilor cristalini în primele faze ale procesului, prezente fie sub forma de incluziuni disperse ca MnS, AlN fie în solutie solida ca Sb, B sau Nb [2], [3]. Textura se dezvolta prin recristalizare secundara în timpul careia o serie de germeni cu orientarea (100), [001] sau apropiata de aceasta cresc foarte mult, înglobând grauntii obtinuti prin recristalizare primara. Cresterea granulatiei, favorizata de structura monofazica si de dizolvarea unei anumite proportii de incluziuni solubile la temperatura de tratament termic, are ca efect micsorarea pierderilor specifice datorita faptului ca prin micsorarea suprafetelor de contact dintre graunti se elimina o parte din tensiunile existente la limita de graunte.

S-a aratat anterior ca prin procedeele existente la elaborare, o parte din elemente nu pot fi îndepartate pâna la limita la care ele nu influenteaza proprietatile [4]. De aceea, la prelucrarile ulterioare, prin diferite tehnici, aceste elemente sunt îndepartate total sau partial (de exemplu în timpul recoacerii de recristalizare secundara scade continutul de sulf de la 0,026 % la max.0,006%, continutul de azot de la 0,010 % la 0,003%, au loc procese de oxidare sau de dizolvare a incluziunilor solubile disperse) [5]. In general, incluziunile nemetalice influenteaza negativ proprietatile magnetice mai ales de forma arborescenta, colturoasa.

Majoritatea fazelor de procesare tehnologica a otelului aliat cu 3% siliciu au loc în conditiile în care continutul de carbon în otel este de minimum 0,02 %. Având în vedere complexitatea transformarilor semnalate s-a avut în vedere pentru prezenta lucrare studiul unor transformari structurale pe aceasta compozitie chimica.

Metoda de cercetare

Datorita compozitiei chimice initiale (0,03 % C), la încalzirea în vederea deformarii plastice la cald sau pentru tratamentul termic de recoacere, pentru intervalul de temperaturi 850 - 1150 °C, se semnaleaza existenta unui mic domeniu bifazic $\alpha + \gamma$ (fig.1)

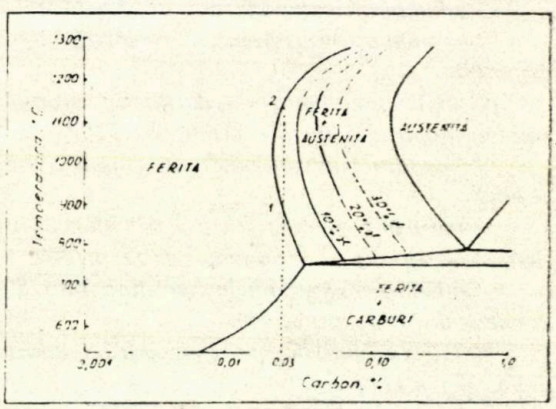


Fig. 1
Diagrama de echilibru Fe-C pentru 3,20% Si
Fe - C - 3,2% Si phase diagram

Tabelul 1

Compozitia chimica
Chemical analysis of samples

Element	C	Si	Mn	P	S	Al	Cu	Cr	Ni
Concentratia, %	0,03	3,15	0,065	0,05	0,022	0,008	0,01	0,01	0,01

Pentru a evidentia unele transformari legate de acest aspect s-a efectuat un experiment folosind microscopia la cald. Probele din otel electrotehnic au avut compozitia chimica din tabelul 1.

Pentru aceasta compozitie chimica s-a calculat indicele de stabilitate al austenitei [1] cu relatia [1], obtinându-se valoarea 0,460.

Indicele de stabilitate al austenitei:

$$2{,}54 + 40{,}53\,(\%C + \%N) + 0{,}43\,(\%Mn + \%Ni) - 0{,}22\,(\%AL) - 2{,}64\,(\%P + \%S) - 1{,}26\,(\%Mo + \%Cr) - 4\,Si \quad (1)$$

pentru ciclul din figura 1 b. Pentru experimentul efectuat conform figurii 1.c, timpul de mentinere izoterma a fost de 30 min. S-au efectuat fotomicrografii la sfârsitul intervalului pentru fiecare încalzire, respectiv racire a probei în cadrul ciclului respectiv.

Rezultate experimentale si concluzii

Examinarea fotomicrografiilor (care reflecta transformarile structurale din acelasi câmp micro-

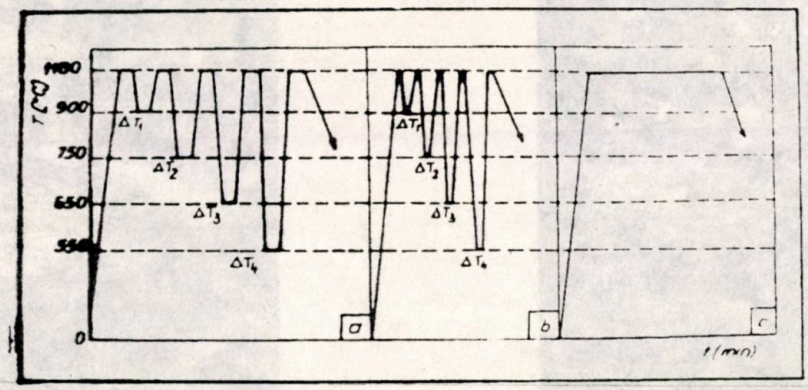


Fig. 2

Microscopie la cald - cicluri termice
Hot microscopy - thermal cycles

Valorile negative ale indicelui exprima faptul ca austenita nu se formeaza (otelul este în întregime feritic), în timp ce valorile pozitive crescatoare precizeaza ca o anumita proportie de austenita este stabila la temperaturi ridicate.

Transformarile structurale s-au urmarit prin microscopie la cald pe un microscop tip Reichert.

Determinarile s-au efectuat conform diagramelor din figura 2.

Dimensiunile necesare pentru probe au fost: ϕ 7 x 10,8 mm. Inainte de executarea probelor la dimensiunile impuse de parametrii constructivi ai microscopului, otelul a fost recopt în vid timp de o ora într-un cuptor tip IBSEN. Pentru fiecare proba studiata s-a urmarit acelasi câmp microscopic în directie transversala. Racirea probei s-a facut prin insuflare rapida cu argon. Timpul de mentinere izoterma pentru fiecare grad de preracire a fost de 1 min pentru ciclul din figura 1 a, respectiv 5 min

scopic) pune în evidenta modificari sensibile sub temperatura θ_c = 750 °C. Preracirea otelului la temperaturi situate deasupra valorii t_c nu produce modificari la nivelul structurii (probabil exista unele modificari la nivel de substructura: blocuri în mozaic, sub limite de graunti etc., care nu sunt însa observabile la microscopul optic). Singura modificare observabila este dizolvarea partiala a precipitatelor la limita de graunte în timpul încalzirii la θ = 1100°C. Dupa preracirea la temperaturi inferioare valorii θ_c se constata ca apar modificari în configuratia grauntilor si în distributia precipitatelor. Fenomenul predominant este tendinta de crestere excesiva a granulatiei. Forta motrice a procesului de crestere a grauntilor o reprezinta scaderea energiei superficiale prin deplasarea limitelor de graunte dinspre grauntii mari cu forme concave spre cei mici cu forme convexe (fig.3.a....i)

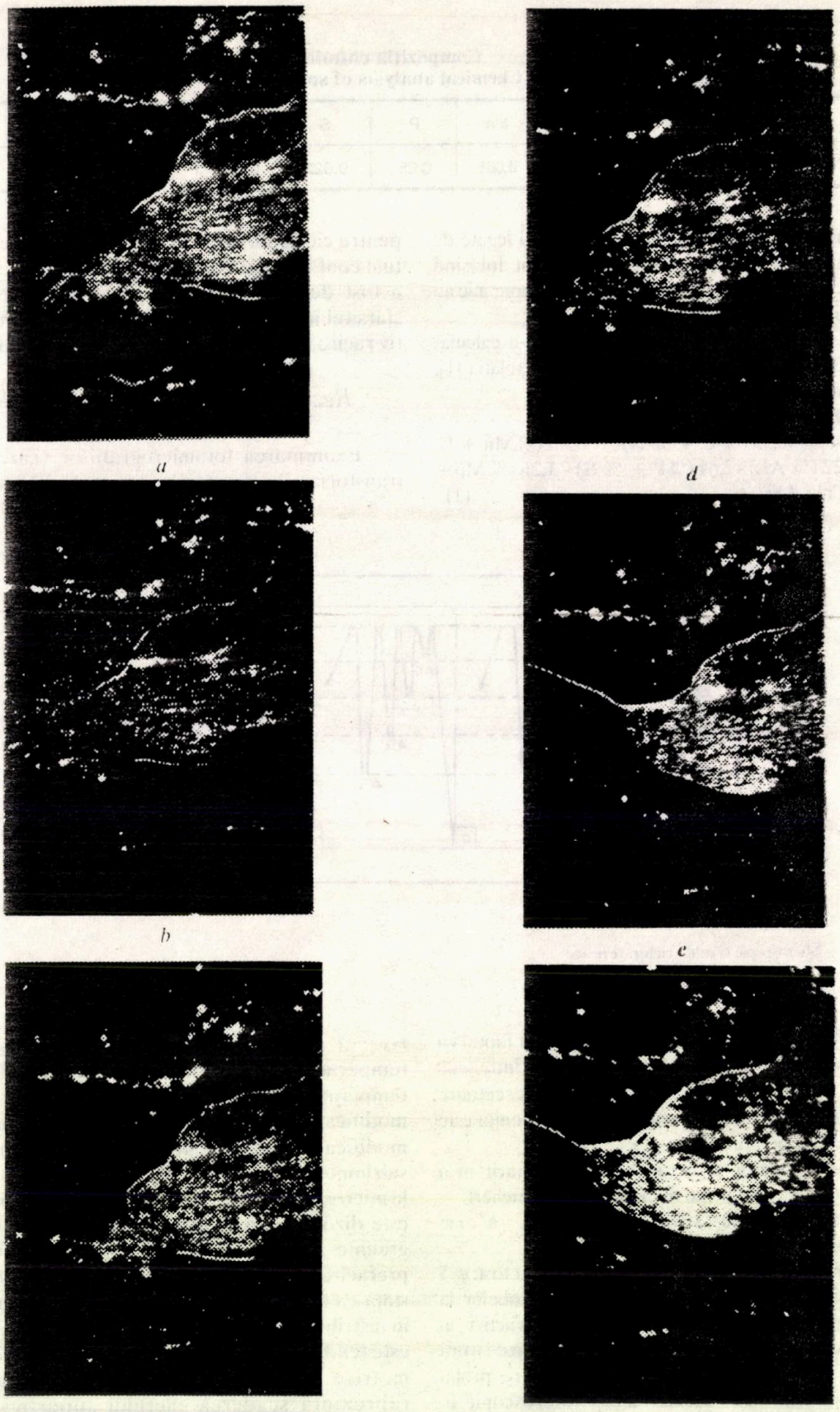
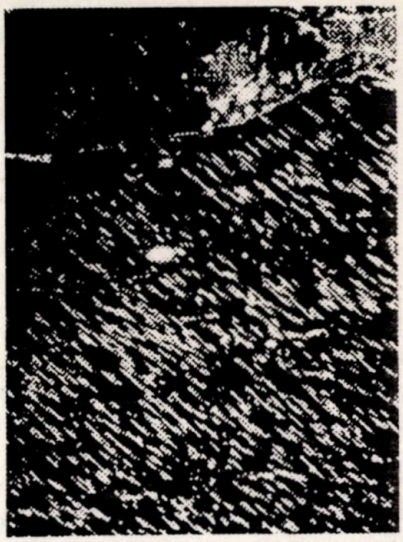


Fig. 3

Micrografii pentru ciclul de transformari din figura 2 (microscopie la cald): a - q = 1100^{0}C (250:1); b - $\Delta\theta_1$ = 200^{0}C; θ_r = 900^{0}C (250: 1); c - θ = 1100^{0}C (250 : 1); d - $\Delta\theta_2$ = 350^{0}C θ_r = 750^{0}C (250:1); e - θ = 1100^{0}C (250:1); f - $\Delta\theta_3$ = 450^{0}C; θ_r = 650^{0}C (250:1)
Micrographs of transformation cycle in fig. 2 (hot microscopy)

g



i

h

Fig. 3

Micrografii pentru ciclul de transformari din figura 2 (microscopie la cald)
Micrographs of transformation cycle in fig. 2 (hot microscopy)

Spre sfârsitul ciclului termic se observa cresterea densitatii precipitatelor. Nu s-au semnalat deosebiri între ciclurile termice din figura 2 a si 2 b. Faptul ca timpul de mentinere izoterma nu are influenta majora este ilustrat si de rezultatele obtinute în urma mentinerii izoterme timp îndelungat (fig.2 c). Explicatia modificarilor structurale prezente dupa efectuarea preracirilor la $\theta < \theta_c$ consta în faptul ca θ_c = 750°C este valoarea inferioara existenta a domeniului bifazic în diagrama de echilibru. In timpul încalzirii otelului în domeniul bifazic o mica fractie din grauntii de ferita se trannsforma în graunti de austenita, care nu ajung la dimensiuni mari datorita cantitatii mici de austenita formata. La limita superioara a domeniului bifazic grauntii de austenita se transforma din nou în graunti de ferita, netensionati, care pot creste rapid prin consumarea celorlalti graunti.

Aceste fenomene sunt cu atât mai putin pregnante, cu cât cantitatea de austenita formata este mai mica. Indicele de stabilitate al austenitei calculat pentru probele folosite în experiment (0,460) indica formarea unei cantitati relativ mici de austenita. In functie de încadrarea compozitiei chimice în ecartul prescris de norme, pot exista situatii pentru care indicele de stabilitate al austenitei atinge valoarea 1,500.

Din cele mentionate se confirma faptul ca înca de la elaborare otelul trebuie sa se apropie prin compozitia chimica de structura monofazica feritica.

BIBLIOGRAFIE

[1] **Schoen J.W.** :Metallurgical Trans., aug.1986, p.1335

[2] **Samak M, Darman C:** Acta Metallurgica, vol.32,1984, p.2185

[3] **Fiedler H. C.**:Metallurgical Trans.,vol.8 A, aug.1977 ,p.1307

[4] **Hirosuke I.**: Trans. I.S.I.J., vol.24, nr.4, 1984, p.226

[5] **Roberts W.** : Journal I.S.I.J., dec.1972, p.931

EVENIMENTE INTERNATIONALE

CEL DE-AL 60-LEA CONGRES INTERNATIONAL DE TURNATORIE - HAGA

"Un nivel tehnic ridicat, dar o participare nesatisfacatoare" astfel a fost prezentat C.I.T. 60 de la Haga de domnul profesor dr.ing.Gerhard Engels, de peste 30 de ani redactor-sef al revistei Giesserei, Presedinte V.D.G. fiind în acelasi timp si moderatorul acestei importante întruniri internationale. Scopul principal al Congresului a constat în cunoasterea marilor specialisti în domeniu precum si informatii de ultima ora privind activitatea de turnatorie. Lucrarile acestui Congres s-au desfasurat de la 26 septembrie la 1 octombrie în Haga. Au fost prezentate numai 48 de lucrari, de un nivel deosebit de ridicat. Si tara noastra a fost prezenta prin renumitul colectiv din domeniul fontei si anume: prof.dr.ing.Riposan Iulian seful catedrei T.M.M.C., conf.dr.ing.Chisamera Mihai, ing.Petrus I. cu lucrarea: "Cercetari asupra utilizarii carburii de siliciu la obtinerea fontei în cuptoare cu inductie si în cubilou".

Este cunoscut faptul ca actualmente carbura de siliciu prezinta un interes deosebit atât ca element de aliere, ranforsare, feroaliaj utilizat ca material de impregnare pentru formele de turnatorie, pentru creuzete, cât si datorita aspectului ecologic. Lucrarea prezentata de delegatia României a fost îndelung comentata atât în revista "Giesserei" cât si în revista Giesserei-Praxis.

La lucrarile Congresului au participat peste 365 de specialisti, 85 persoane însotitoare din 38 de tari. Mottoul Congresului a fost "Turnatorie fara limite", acesta s-a concretizat în urmatoarele probleme: calitate, productivitate, protectie a mediului. In cadrul seminarului "Configuratia optima a pieselor turnate" au luat cuvântul: George N.Booth (Director general la Compania Ford S.U.A.), Charles E.Fausel (Presedintele Asociatiei Lester B.Knight Cast Metals), Klaus Hornung (Director adjunct Cercetare la Intreprinderea de turnare a pieselor pentru automobile Georg Fischer-Schaffhausen), dr.ing.Peter R.Sahm (Institutul de turnatorie din Aachen), Kenji Itoh (Hitachi Metals). Programul celor 48 de referate din toata lumea a fost divizat pe urmatoarele sectiuni:

I. Simulare si Modelare

II. Realizarea pieselor turnate prin procesare CAD-CAM

III. Procedee de turnare. Materiale de baza pentru turnatorie. Procedee de obtinere:

a. - turnarea otelului;
b. - fonta pentru turnatorie aliata si nealiata;
c. - fonta cu grafit nodular pentru turnatorie;
d. - fonta cu grafit nodular bainitica;
e. - aliaje pe baza de cupru si aluminiu;
f. - amestecuri de formare;
g. - tratare în stare lichida si procedee speciale de turnare.

¤ *Pentru anul 1994 Organizatia Internationala de Turnatorie are urmatorul prezidiu:*

Sorabji Commissariat (India) - Presedinte

¤ *Prof.dr.ing. Isuo Ohnaka (Japonia) - vicepresedinte*

¤ *Membri ai Comisariatului Prezidiului:*

¤ *Prof.dr.ing. Leonid Koslov (Rusia)*

¤ *Wilhem Kuhlgatz (Germania)*

¤ *Prof.dr.ing. Josef Suchy (Polonia)*

¤ *Francois Delachaux (Franta)*

¤ *Leceta J. (Spania)*

Urmatoarele Congrese de Turnatorie sunt programate astfel:

» în anul 1995 al 62-lea Congres International de la 17 la 22 septembrie - Beijing, China

» în anul 1996 al 63-lea Congres International de la 15 la 19 aprilie - Philadelphia, S.U.A.

In anul 1994 la 18 iunie, în Düsseldorf, în cadrul saptamânii G.I.F.A. a avut loc Congresul de Turnatorie.

ing. Pana Mihaela - Universitatea "Politehnica" Bucuresti

UNELE ASPECTE PRIVIND UTILIZAREA RADIATIILOR LASER PENTRU DETERMINAREA COMPOZITIEI CHIMICE, CU APLICATII SI ÎN METALURGIE

Dr.ing.Iuliana Lupu, conferentiar, Universitatea "Transilvania" din Brasov

C.Z.: 669.01

Consideratii generale asupra laserilor

Laserii sunt surse de lumina cu emisie în regiunea vizibila, infrarosie sau ultravioleta a spectrului, de o mare varietate de tipuri constructive, având caracteristici deosebite de sursele luminoase clasice (bec electric, tuburi fluorescente, flacara etc.).

Caracteristicile proprii laserilor sunt: coerenta, monocromaticitatea, directionalitatea si intensitatea mare a luminii emise.

Partea principala a unui laser o constituie un mediu solid, lichid sau gazos, care poseda o imersie de populatie între doua sau mai multe nivele energetice ale particulelor componente (molecule, ioni, atomi). Un astfel de mediu care poseda o inversiune de populatie este numit *mediu activ laser*. Pentru ca un mediu sa devina activ trebuie sa primeasca energie din exterior de la o sursa speciala care poarta numele de *sursa de pompaj* (sursa de excitare). Sursa de pompaj are rolul de a pompa atomii sau moleculele pe nivelul energetic superior de la care porneste emisia laser care trebuie amplificata. Pentru a obtine o amplificare semnificativa a radiatiei în mediul activ, acesta se plaseaza într-o cavitate rezonanta. Cavitatea rezonanta creste densitatea radiatiei care actioneaza asupra mediului activ si totodata creste posibilitatea emisiei stimulate. Pe de alta parte aceasta mareste drumul undelor prin mediu activ, care va mari intensitatea radiatiei pe axul cavitatii rezonante. Aceste trei componente: mediul activ, sursa de pompaj si cavitatea rezonanta sunt comune tuturor dispozitivelor laser. Cavitatea de rezonanta consta, de obicei, din doua oglinzi reflectoare plasate perpendicular pe mediul activ. Prin urmare, unda electromagnetica ce provine din mediul activ va fi reflectata de cele doua oglinzi si amplificata la fiecare trecere prin mediul activ. Daca una din oglinzi este semitransparenta se poate extrage din laser un fascicul util de radiatie [1].

Asadar, în cazul oscilatoarelor laser, radiatia initiala care provoaca emisia stimulata este produsa prin emisie spontana. Diferenta esentiala între emisiile spontane si cele stimulate consta în faptul ca, în timp ce emisiile spontane au caracter în întregime incoerent, fasciculul de fotoni a carei emisie este provocata stimulat, este coerent, adica toti fotonii au aceeasi faza.

Radiatia emisa de laser are o putere radianta foarte mare, de aproximativ 10^4-10^6 ori mai mare decât a surselor clasice.

Aceasta are o monocromaticitate extrem de buna la una sau câteva frecvente, emite o radiatie foarte bine directionata în spatiu, coerenta si uneori linear polarizata. La acestea se mai adauga si faptul ca puterea consumata este mica în raport cu emisia.

Spectrul de emisie al laserilor este determinat de numarul modurilor de generare a vibratiilor si de largimea liniilor de emisie a fiecaruia dintre ele. In functie de proprietatile mediului activ, de separator si de regimul de lucru al unui laser, numarul de moduri poate oscila între unu si câteva sute.

Pentru analiza spectrala, de cea mai mare importanta este asa- numitul regim monofrecventa de generare. De obicei, acest regim se realizeaza atunci când amplificarea în mediu activ depaseste numai cu putin pierderile sau cu ajutorul unor rezonatori speciali.

Principii ale metodelor de analiza care utilizeaza radiatia laser

Analiza spectrala de emisie

Prin utilizarea radiatiei laser ca sursa de excitare a probelor de analizat, se obtin spectre lipsite de interferente. In analiza spectrala clasica apar interferente datorate spectrului electrozilor care complica interpretarea rezultatelor. Prin folosirea radiatiei laser în studiul probelor solide, se realizeaza analize microspectrale locale [2]. In acest scop, se focalizeaza radiatia laserului pulsat în punctul de analizat al probei, stabilit cu ajutorul unui microscop. Ca urmare, se evapora 10^{-8} - 2.10^{-6}g de substanta într-un crater cu diametrul de 20-200 μm. Sensibilitatea absoluta a metodei cu radiatie laser este de 2.10^{-8} - 2.10^{-6}g. Sensibilitatea relativa este însa mica pentru dozarea majoritatii elementelor, de 0,05 - 1% [3].

Analiza spectrala de absorbtie

Prin utilizarea radiatiei laser în analiza spectrala de absorbtie în regiunea vizibila si infrarosie a spectrului, se realizeaza marirea considerabila a sensibilitatii analizei prin plasarea cuvei de absorbtie în interiorul separatorului laserului. Marirea sensibilitatii se datoreste urmatoarelor fenomene:

- *marirea grosimii efective a stratului absorbant, datorita reflexiilor multiple ale razelor pe oglinda separatorului;*
- *marirea pierderilor datorita absorbtiei luminii ceea ce provoaca o scadere a puterii de generare. S-a constatat ca, în intervalul de energii cuprins între energia de pompaj si cea de prag, dependenta puterii de generare de coeficientul de absorbtie este foarte puternica. Efectele prezentate duc la amplificarea absorbtiei, cu atât mai mare cu cât coeficientul de absorbtie al substantei este mai mare. Pe lânga marirea sensibilitatii se observa si o îngustare a benzilor sau a liniilor de absorbtie si, ca urmare, se îmbunatateste separarea lor. Prin folosirea radiatiei laser s-a obtinut o sensibilitate cu doua ordine de marime mai mare decât în cazul metodelor clasice [4]; [5].*

Datorita puterii mari de emisie a laserilor, au fost elaborate noi metode de înregistrare a absorbtiei bazate pe masurarea energiei absorbante, spre deosebire de metodele clasice care se bazeaza pe masurarea atenuarii fluxului de lumina transmis. Chiar în cazul unui coeficient de absorbtie mic de $10^{-8}cm^{-1}$, energia absorbita poate fi suficient de mare pentru a înregistra variatia temperaturii, presiunii, luminiscentei etc.

In domeniul infrarosu, energia absorbita se masoara prin efect optico-acustic [6]. Studiul absorbtiei slabe este deosebit de util pentru analiza propagarii undelor luminoase în atmosfera, pentru corectarea tranzitiilor interzise, pentru dozarea impuritatilor în cantitati mici.

Analiza spectrala prin difuzie combinata

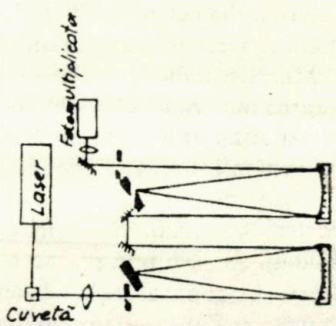
Aplicarea metodelor de difuzie combinata în scopuri analitice este posibila numai prin utilizarea radiatiilor laser, care prezinta intensitate mare si înalta directionalitate. Este posibila astfel analiza unei cantitati foarte mici de substanta, pâna la ordinul 10^{-9}g 7. Schema de principiu a unei astfel de instalatii se prezinta în figura 1.

Aparatul prezentat în figura 1 permite analiza spectrelor de difuzie combinata pentru gaze, lichide sau cristale. Ca sursa de pompaj se foloseste un laser

Fig. 1

Schema optica a unui spectrometru cu laser, pentru studiul difuziei combinate

The optical scheme of a laser spectrometer, for studying the combined difusion



He-Ne cu o putere de 50 mW si lungime de unda a radiatiei λ = 6,328 Å, sau laseri cu organ la λ = 4880 Å si λ = 5145 Å.

Analiza de masa cu microsonda ionica laser

Caracteristicile importante ale acestei metode sunt: viteza proprie de analizare, sensibilitatea deosebita, specificitate, limite de detectie în domeniul partilor pe milion pentru cele mai multe elemente. Metoda permite si analiza semicantitativa si studiul unor procese de suprafata, cum ar fi coroziunea metalelor si aliajelor. Schema de principiu a spectrometrului de masa cu microsonda ionica laser, este prezentata în figura 2.

Se foloseste un laser Nd-YAG, în regim declansat, Q, cu frecventa cuadrupolara (lungimea de unda 265 mm), durata pulsului 15 nanosecunde si un laser

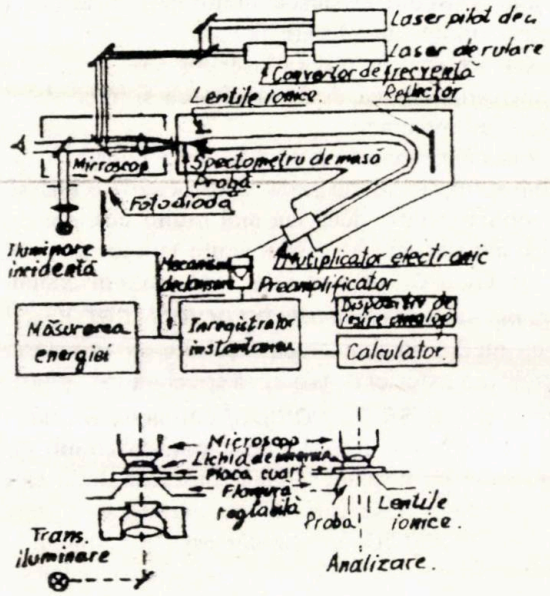


Fig. 2

Schema de principiu a spectrometrului de masa cu microsonda ionica laser (a); sistemul de asezare al probei (b)

Principle scheme of a mass spectrometer with laser ionic microtester (a); sample laying system (b)

pilot de dirijatie He-Ne coaliniat.

Radiatia laser este focalizata pe proba cu ajutorul unui microscop optic. Spotul laserului are un diametru de ordinul a 1 m, iar impulsul lui produce vaporizarea si ionizarea substantei din care este constituita proba. Ionii pozitivi si cei negativi ai probei sunt dirijati cu lentile ionice spre un spectrometru de masa. Rezolutia de masa M/M este aproximativ 700. Ionii sunt detectati de un multiplicator electronic rapid, cuplat cu un înregistrator cu raspuns rapid. Pot fi analizate probe relativ subtiri (0,1-1 μm) sau particule mici cu diametrul de peste câtiva microni, în cazul microsondelor prin transmisie. Exista si tipuri de microsonde laser care lucreaza prin reflexie. Ener-

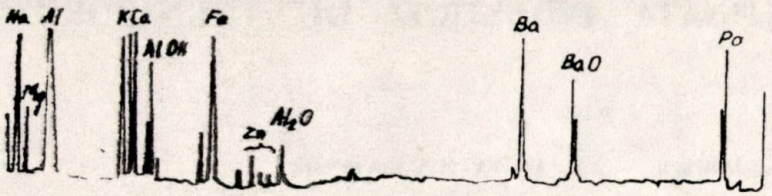


Fig. 3
Spectrul ionic obtinut prin analiza de masa cu microsonda cu laser, al unei particule rezultate în procesul de coroziune al acoperirii cu aliaj Al - Zn a unei sârma de otel
Ionic spectrum received by mass analyse with laser microtester, for a particle resulted during the corosion process of a steel wire with Al - Zn alloy coating

gia laserului poate fi masurata cu un sistem de fotodiode.

Folosirea câtorva filtre permite varierea energiei. Se pot realiza astfel diferite moduri de excitare: vaporizarea aproape completa pentru determinarea ionilor elementari, desorbtie pentru determinarea unor fragmente organice. In figura 3 se prezinta un spectru ionic obtinut prin analiza de masa utilizat în studiul procesului de coroziune.

Spectrul de masa poate fi redat pe un ecran al unui osciloscop si transmis la un înregistrator desenator. Informatiile pot fi transmise la un minicalculator pentru corectia si prelucrarea datelor. Aducerea probelor în pozitie dureaza câteva minute, iar înregistrarea este instantanee. Cu acest tip de aparat se pot efectua studii asupra compozitiei microchimice a suprafetei, asupra mecanismului procesului de coroziune a suprafetei 8-10 si alte studii de compozitie chimica de mare precizie.

BIBLIOGRAFIE

[1] **Dumitras D.**: *Laseri cu gaz*. Editura Academiei Republicii Socialiste România, Bucuresti, 1982

[2] **Letohov V.S., Cebotaev V.P.**: *Printipî nelineinoi lasernoi spektroskopii*. Nauka, Moscova, 1975

[3] **Rusanov A.K.**: *Osnovî kolicistnehhoga spektrolnogo analiza rud i mineralov*. Nedra, Moscova, 1971

[4] Peterson N.C. si altii: In: Y.Opt.Soc.Am.61, 1971, 746

[5] **Keller R.A., Zalewski E.F., Peterson N.C.**: In: Y.Opt.Soc.Am.62, 1972, 319

[6] **Letohov V.S., Cebotaev V.P.**: UFN 113, 1974, 385

[7] **Vancraen M., Adams F.**: International Laboratory IX, 1984, 12

[8] **Surkin P., De Walee Y., Adams F.**: Intl. Y.Environ Anal. Chem.13, 1983, 257

[9] **De Walee Y.K., Vansant E.F., Van Espen P., Adams F.C.**: Anal. Chem. 5567, 1983

[10] **De Walee si colab.**, Anal. Chem. 552255, 1983

REVISTA REVISTELOR

Giesserei, *Germania, nr.23, 1993*

- Calitatea - un scop al învatamântului si componenta a structurii întreprinderii. Gânduri în legatura cu formarea inginerilor turnatori, p.787

- Al 60-lea Congres Mondial al Turnatorilor la Haga. Nivel bun, dar participare slaba, p.791

- Influenta caracteristicilor materialelor de formare cu adaos de rasini cu întarire la rece asupra eforturilor evitabile la formare si dezbatere. Partea I - capacitatea de curgere si durata de prelucrare, p.796

- Structura planificarii termenelor si capacitatilor în turnatorii. Partea a 3-a - asistenta prin EDV. Rezultatele unei anchete la ofertanti, p.802

-Scurte informatii tehnice, p.15

Giesserei, *Germania, nr.24,1993*

- De la DIN la CEN - standardele pentru piese turnate, în drum catre Europa, p.814

- Bentonita si prepararea nisipurilor de formare. Contributia lor la asigurarea pe viitor a formarii cu materiale legate cu bentonita, p.817

-Elaborarea de diferite sortimente de fonta cu grafit lamelar, pornindu-se de la o fonta de baza, p.827

- Al 17-lea Congres international asupra turnarii sub presiune, Cleveland, S.U.A., octombrie 1993, p.836

- Informatii tehnice, p.21 si 839

- Informatii economice, p.6 si 840

OLIVINA - UN NOU PRODUS ÎN FAMILIA MATERIALELOR REFRACTARE DESTINATA INDUSTRIEI DE TURNATORIE

Ing. Octavian Vasilescu, ing. Lucian Dinescu - S.C. INTEC S.A. Bucuresti
Dr.geolog Ioan Secleman, conferentiar
geolog Gheorghe Bostina - S.C. Silicor S.A. Bucuresti

C.Z.: 621.74

INTRODUCERE

Producerea unor piese turnate competitive impune eliminarea variantelor tehnologice neeconomice, coroborat cu folosirea unor tehnologii ecologice fara diminuarea calitatii suprafetelor pieselor turnate.

Olivina, Mg_2SiO_4 utilizata în compozitia amestecurilor de formare - miezuire solutioneaza probleme aflate de mult timp în preocuparile tehnologilor turnatori: reducerea oxidarilor la suprafata pieselor turnate, cresterea plasticitatii la cald a amestecurilor de formare-miezuire, reducerea penetrarii metalului, a porozitatii si a tendintei de fisurare a pieselor turnate.

Calitatile ecologice ale olivinei duc pe de alta parte la reducerea pâna la eliminarea pericolului de silicoza, situatie privita logic cu deplina satisfactie de întreg personalul din turnatorii.

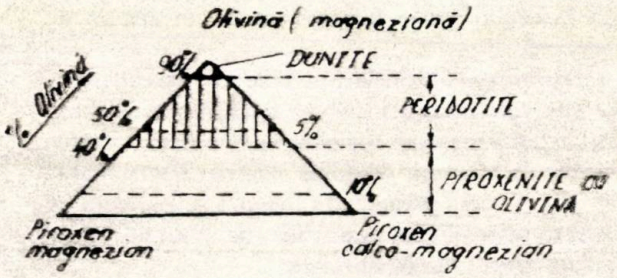


Fig. 2
Diagrama olivina - piroxen
Olivine - pyroxene diagram

Consideratii fizico chimice asupra olivinei

Olivina naturala este un silicat mixt, cristalizat în sistemul rombic. Termenii extremi care compun cristalosolutia naturala a olivinei sunt: Mg_2SiO_4 (forsterit) si Fe_2SiO_4 (fayalit).

Compozitia chimica a olivinei indigene este urmatoarea:

MgO 42 - 43 %; SiO_2 36 - 37 %; Fe_2O_3 12 - 13 %; Al_2O_3 1,7 - 2%; CaO 0,4 - 0,5 %; MnO 0,4 - 0,5%, pierderi la calcinare 6 - 11%. Topirea olivinei, la Fat., dupa Bowen si Schairer (1935) este aratata în figura 1. Astfel, forsteritul are temperatura de topire la 1890°C, iar fayalitul la 1205°C.

Explicatia punctelor de topire relativ mari ale olivinelor consta în structura retelei cristaline tipica pentru mezosilicati: ioni cu structura tetraedrica, SiO_4^{4-} legati unii de altii prin intermediul cationilor bivalenti, Mg^{2+}, Fe^{2+}, Mn^{2+}. Fortele de legatura din interiorul anionilor tetraedrici, cât si cele existente între anioni si cationi sunt foarte puternice.

Olivina se gaseste în mai multe tipuri petrografice, unele de origine magmatica altele metamorfica. In rocile de origine magmatica se asociaza cu piroxeni magnezieni ($Mg_2Si_2O_6$) sau calcomagnezieni ($CaMgSi_2O_6$). Aceste roci poarta diferite denumiri: dunite, peridotite, piroxeni (fig.2).

Prin diferite reactii minerale în stare solida s-a format olivina metamorfica. Dintre acestea doua categorii de reactii sunt mai importante:

a) deshidratarea serpentinei la temperaturi care depasesc 560°C;

b) transformarea dolomitului în contact cu silicea

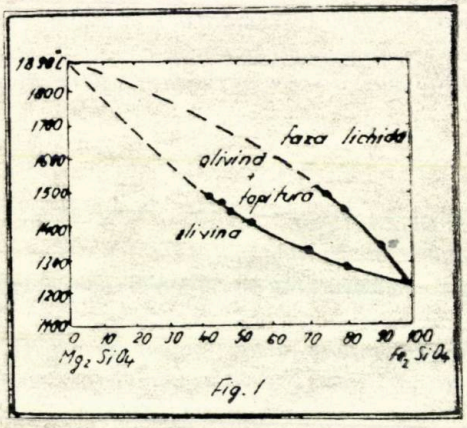


Fig. 1

Sistemul Fe_2SiO_4 - $MgSiO_4$
Fe_2SiO_4 - Mg_2SiO_4 system

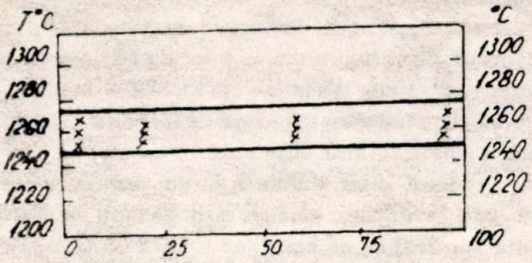


Fig. 3

Temperatura de vitrifiere a sistemului SiO_2 - Mg_2SiO_2
SiO_2 - Mg_2SiO_2 system vitrifying temperature

$$2CaMg(CO_3)_2 + SiO_2 \text{ ---- } 2CaCO_3 + Mg_2SiO_4$$

forsterit

$$+ CO_2$$

In natura dunitele si peridotitele sunt rocile care contin olivina în proportii apreciabile.

DUNITELE - contin peste 80% olivina restul componentelor fiind: cromit, magnetit, spineli, aluminomagnezieni, piroxeni. Continutul de $FeSiO_4$ este sub 10%.

PERIDOTITELE - contin între 20-60 % olivina. Serpentinizarea acestor roci s-a facut în prezenta apei în intervalul termic cuprins între 100 si 550°C.

$$2Mg_2SiO_4 + Mg_2Si_2O_6 + H_2O \text{ ----}$$

forsterit piroxeni

$$Mg_6Si_4O_{10}(OH)_8$$

serpentina

Imaginile obtinute la microscopul electronic definesc olivina din tara sub forma de cristale cu urme de cromit (cristale mai închise la culoare). Aceleasi

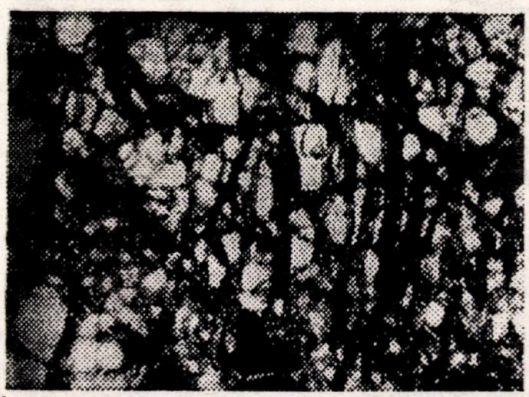


Fig. 4

Roca de olivina, imagine la microscopul electronic
Olivine rock: electronic microscope image

Fig. 5

Imagine la microscopul electronic a granulelor de olivina
Olivine grain electronic micrograph (x 240)

Fig. 6

Imagine la microscopul electronic a suprafetei granulelor de olivina (x 240)
Olivine grain surface electronic micrograph (x 240)

imagini atentioneaza asupra fenomenelor de serpentinizare care apar la limita cristalelor de olivina sub forma de infiltratii (fig.4). Granulele de olivina au muchii si colturi rotunjite si suprafata rugoasa (fig.5, fig.6).

Forma si aspectul granulelor de olivina influenteaza permeabilitatea si consumul de liant din amestecuri.

In tabelul 2 se prezinta comparativ distributia granulometrica a olivinei utilizata în Italia (Italsider) si o olivina granulata din tara.

Olivina in amestecurile de formare - miezuire

Valorificarea în turnatorii a olivinei se bazeaza pe urmatoarele proprietati importante ale acesteia: lipsa silicei libere, bazicitate ridicata - ceea ce permite crearea unei bariere fata de reactiile de zgurificare la interfata metal forma de turnare si fata de liantii alcalini. Se mai noteaza dilatarea limitata si, în fine,

Tabelul 1

Tipuri de olivina granulata
Olivine grain types

Nisip de olivina, tip	ITALSIDER				INTEC
		L - 1	S - 1	S - 2	
rest pe sita de, mm	1	13,0	-	-	-
	0,63	45,0	4,5	-	-
	0,40	35,0	46,0	1,0	8,6
	0,315	5,0	22,0	2,0	6
	0,20	1,0	14,0	41,0	26,6
	0,16	0,5	7,0	38,0	12,8
	0,125	0,2	3,0	15,0	16,6
	0,10	0,2	0,6	2,0	11,4
		0,1	0,4	1,0	12,8
		-	-	-	10,4
		-	-	0,2	2,4

tenacitatea mare, ceea ce permite recircularea amestecurilor. Compozitia chimica arata ca olivina din tara are un continut ridicat de oxid de magneziu legat de dioxidul de siliciu sub forma de forsterit în timp ce restul de dioxid de siliciu este combinat cu oxidul de fier formând fayalit.

Asadar, spre deosebire de nisipul cuartos, care contine silice libera pneumotoxica, în cazul olivinei, aceasta este legata de dioxidul de magneziu si oxizii de fier, sub forma de forsterit si fayalit.

In atmosfera sectiilor proportia de praf depaseste de 5 - 30 ori concentratia normala admisa din punct de vedere sanitar. Pe de alta parte îmbunatatirea tehnologiilor de formare s-a bazat pe chimizare, care de multe ori nu tine seama de consecintele ecologice.

De exemplu, în cazul amestecurilor cu silicat de sodiu pentru îmbunatatirea dezbaterii se folosesc produse care contin trioxid de crom sau amoniac. Compusii cromului sunt foarte nocivi, iar vaporii de amoniac dezechilibreaza sistemul nervos. Dezbaterea dificila, problemele ecologice ale adaosurilor de dezbatere, lipsa unei solutii eficiente de recirculare constituie factori care limiteaza utilizarea acestor amestecuri.

Pe de alta parte vaporii de formaldehida libera (degajati din termodistructia rasinilor) provoaca bronsite cronice, dermatite, eczeme si alte boli de piele, îmbolnavirea rinichilor si înrautatirea vederii.

Prezenta furfurolului în cantitati de 0,05 - 0,5 mg/m^3 determina aparitia de boli de piele, dureri de cap, guturai cronic, dereglari ale starii nervilor, boli de stomac. Acetona si benzenul favorizeaza aparitia leucemiei.

Prin utilizarea olivinei în compozitia amestecurilor de formare devine posibila reducerea pulberilor cuartoase din atmosfera locurilor de munca si reconsiderarea unor tehnologii de formare - miezuire cu nocivitate redusa, chiar nula.

Desigur, doar motivatia ca un anumit material prezinta la utilizare avantaje ecologice nu poate constitui un argument hotarâtor pentru utilizarea lui, daca acest lucru nu este însotit si de alte avantaje de natura tehnologica, avantaje ce vor fi descrise în continuare.

Problema principala care se pune este de a verifica mai întâi eventuala incompatibilitate dintre nisipul cuartos care are caracter acid si olivina care are caracter bazic, din compozitia amestecurilor de formare.

Din acest punct de vedere o importanta practica o prezinta temperatura de vitrifiere, aceasta fiind mai mica decât temperatura de topire.

Piesele turnate în amestecuri de formare cu temperatura de vitrifiere mai mica decât cea necesara prezinta aderenta termica, ceea ce necesita manopera în plus la curatire sau poate duce chiar la rebutarea lor.

Temperatura de vitrifiere a amestecurilor de nisip cuartos si olivina a fost determinata cu aparatul Georg - Fischer.

Rezultatele obtinute arata ca prezenta simultana a unui material cu caracter acid (cuartul) si a unui material cu caracter bazic (olivina) nu duce la initierea unor sinterizari la temperaturi inferioare.

Observatii: Studiul comportarii la temperaturi ridicate a olivinelor releva tendinta turnatoriilor de a utiliza nisipuri cuartoase mai ieftine dar si cu caracteristici termice mai slabe. In ceea ce priveste olivina granulata utilizata în turnatorie, deosebit de eficace, s-a dovedit a fi sortul preparat granulometric din olivina ca atare.

Pentru realizarea unor sorturi nobile de olivina procesul tehnologic se completeaza cu spalare-atritie, sau frecare cu aer cu sau fara tratament termic la 800°C în strat fluidizat.

In literatura de specialitate exista afirmatii rasunatoare asupra utilizarii olivinei calcinate sau îmbogatita cu MgO; cu toate acestea turnatorii americani considera ca un mineral bine sortat granulometric corespunde exigentelor din turnatorii.

Deosebit de importanta este influenta olivinei asupra proceselor termochimice de la interfata metal - forma de turnare.

In procesul de oxidare a metalului lichid turnat apar oxizii de fier FeO, Fe_2O_3, Fe_3O_4. Acestia participa la mecanismul de formare a defectelor, prin reactie cu cuartul:

$$2FeO + SiO_2 \text{ ---- } Fe_2SiO_4$$
wustita cuart fayalit

Aceasta reactie, consumând cuart, produce largirea razelor capilare din amestecurile de turnatorie favorizând penetrarea superficiala a produselor de reactie rezultate.

Ferita solidifica între granulele de nisip, în timp ce wustitul, fayalita si alte zguri prezente alaturi de ferita accelereaza cementarea unui strat puternic aderent la suprafata piesei turnate.

In cazul liantilor anorganici, cum ar fi silicatul de sodiu, aceste fenomene negative sunt accentuate de formarea topiturilor de silicati prin participarea la reactie si a liantului:

$$2NaOH + SiO_2 \text{ ------ } Na_2SiO_3$$

Produsii rezultati sunt compusi cu temperatura scazuta de topire (800°C) care cimenteaza formele dar în special miezurile de turnatorie ceea ce duce la depunerea unui mare volum de munca fizica pentru dezbaterea si curatirea pieselor.

Folosirea în compozitia amestecurilor de formare a olivinei, compus cu caracter bazic, frâneaza puternic aceste reactii de zgurificare, care altfel sunt favorizate de aciditatea cuartului.

Efectele deosebite ale utilizarii olivinei se manifesta atât în ceea ce priveste obtinerea unor aderente friabile foarte usor de îndepartat cât si a unor miezuri compresibile cu structura amorfa, foarte usor de eliminat dupa turnare.

Se prezinta în continuare un exemplu de utilizare a olivinei în amestecurile de formare.

Tabelul 2

Proprietatile tehnologice ale amestecurilor de formare
Moulding mix properties

Componente, %	Nisip cuartos 93,5	Nisip cuartos 78,5
Proprietati	Silicat de sodiu 6,5	Olivina 15
		Silicat de sodiu 6,5
Rezistenta la compresiune, daN/cm²	18,2	18,75
Permeabilitate, up	120	112
Friabilitate, %	2,2	1,8
Rezistenta remanenta, daN/cm²	56	3
Lucrul mecanic de dezbatere	20,66	0,33

O preocupare constanta a turnatorilor este aceea de a realiza amestecuri liate cu silicat de sodiu, dar care sa nu prezinte dificultati de dezbatere sau rigiditate care duc la crapaturi în piese si aderente greu de înlaturat.

In decursul a peste 40 de ani de existenta a procedeului s-au folosit diverse adaosuri pentru eliminarea acestor neajunsuri. Produse cum ar fi: huila,, zaharul, smoala, lignosulfonatii satisfac în anumite perioade cerintele turnatoriilor.

Noile aspecte concurentiale, ecologice si de eficienta economica solicita produse si mai active si cu efecte secundare minime.

In tabelul 2 se prezinta în continuare proprietatile tehnologice comparative ale amestecurilor de formare cu si fara olivina.

Influenta adaosurilor de olivina se manifesta printr-o sensibila crestere a rezistentei miezurilor si formelor care se obtin cu muchii si colturi bine definite.

Rezistenta remanenta (dupa tratarea probelor la 850°C timp de 12 minute) are o scadere pronuntata, ceea ce cuantifica efectul deosebit asupra dezbaterii acestora. Astfel, lucrul mecanic de dezbatere scade de la 20,66 kgm la 0,33 kgm.

Utilizarea amestecurilor cu olivina la turnarea corpurilor de pompa din fonta, la turnarea placilor de blindaj din otel manganos sau la turnarea placilor racitoare din otel aliat cu nichel si crom au confirmat în totalitate consideratiile asupra îmbunatatirii radicale a dezbaterii, îmbunatatirii plasticitatii miezurilor si reducerea aderentelor la suprafata pieselor turnate.

Concluzii

Olivina granulata, $MgSiO_4$, utilizata ca substituient partial sau total al nisipului cuartos produce efecte deosebite asupra reducerii oxidarilor la suprafata pieselor turnate, reducerii fenomenelor de sinterizare în masa miezurilor, asupra tendintei de fisurare a pieselor, a porozitatii, si, nu în ultimul rând, a pulberilor cuartoase nocive din atmosfera turnatoriilor.

Efectele deosebite ale olivinei se datoresc, din punct de vedere chimic, modificarii pH-ului din acid - dat de nisipul cuartos - în bazic - dat de olivina, ceea ce frâneaza initierea si dezvoltarea reactiilor de zgurificare la suprafata pieselor turnate.

Totodata olivina segmenteaza faza vitroasa din miezurile si formele de turnatorie, conferind acestora compresibilitatea si o foarte buna dezbatere.

Olivina reconsidera în etapa imediat urmatoare procedeul de liere cu silicat de sodiu si creaza conditiile de realizare a turnatoriei ecologice prin reducerea pulberilor toxice, a deseurilor si zgomotului.

BIBLIOGRAFIE

[1] **Tumanski A.L.** :Foromovociniie Peski, Kiev 1986
[2] **Vasilescu Octavian** :Vopsele refractare pentru turnatorii OID -DICM - Bucuresti, 1993

REVISTA REVISTELOR

Revue de Métallurgie, *Franta, nr. 9, 1993*

- *Caracterizarea solutiilor solide prin difractie de raze X, p.1116*
- *Limita de detectie a atomilor de Cu într-o matrice de Al prin microscopie electronica, p.1117*
- *Studiu in situ al tranzitiei între fazele romboedrica si icosaedrica perfecta pentru un aliaj Al 62,5 Fe 11 Cu 26,5 prin difuzie de neutroni, p.1118*
- *Caracterizarea salturilor atomice ("Phasoni") în cvasicristalele perfecte AlFeCu: un exemplu al metodei de variatie a contrastului prin substitutie isotropica în difuzia neelastica de neutroni, p.1119*
- *Analiza morfometrica a pulberilor: abordare sistematica prin morfologie matematica, p.1120*
- *Analiza morfologica a funinginii generate de combustia materialelor. Definitia indicatorilor, p.1121*
- *Caracterizarea formei grafitului din fonta, p.1122*
- *Segmentarea structurilor granulare poliedrice într-un sistem bifazic: aplicare la WC-Co, p.1123*
- *Analiza automata a clincherelor de ciment, p.1124*
- *Detectarea automata a fisurilor în materialele compozite, p.1125*
- *Folosirea tehnicilor de tratare a imaginii la analiza evolutiei structurilor în domeniile magnetice, p.1126*
- *Caracterizarea orientarii hidrurilor induse de tensiune într-un aliaj pe baza de Zr, p.1127*
- *Analiza de imagine si produsele turnate, p.1128*
- *Cuantificarea prin analiza de imagine a granulatiei fazei de înalta temperatura (austenita) a otelurilor martensitice 9Cr- 1 ho, p.1129*
- *Cuantificarea microstructurala a otelurilor feritobainitice cu continut mic de carbon, p.1130*
- *Influenta temperaturii si duratei de tratament asupra microstructurii Z38CDV5,3, supercarburata, p.1131*
- *Modelarea microstructurala a densificarii pulberilor metalice prin compresie isostatica la rece, p.1132*
- *Studiul densificarii pulberilor de aliaj de cupru supuse la socuri cu laser, p.1133*
- *Caracterizarea prin analiza de imagini a omogenitatii în materialele sinterizate, p.1134*
- *Cuantificarea fazelor aparute în timpul elaborarii prin sinterizare a unui aliaj TiNi, p.1135*
- *Influenta temperaturii de sinterizare asupra microstructurii otelurilor rapide studiata prin analiza de imagini, p.1136*
- *Urmarirea prin analiza de imagini a microstructurii zirconiului în timpul sinterizarii, p.1137*
- *Cinetica coalescentei carburilor complexe din otelurile pentru scule în timpul recoacerii izoterme, p.1138*
- *Cuantificarea structurii în benzi din otelurile feritoperlitice, p.1139*
- *Rezolvarea fractografiei fractale în investigarea comportarii la rupere a unui aliaj Zn-Al, p.1140*
- *Studiul prin microscopie electronica al acoperirilor cu aur elaborate prin dinamica de amestec: utilizarea unui sistem de analiza de imagini, p.1141*
- *Analiza si simularea imaginii texturilor si defectelor cristalelor lichide, p.1142*
- *Aplicarea analizei de imagini la studiul separarii fazelor si al cristalizarii în amestecurile de polimeri, p.1143*
- *Automatizarea studiului morfologic al aliajelor aciculare prin analiza Fourier, p.1144*
- *Analiza de imagine aplicata la studiul precipitarii bulelor de heliu 3 într-un otel 316 L tritiat, p.1145*
- *Sonda atomica tomografica: noi dimensiuni în analiza, p.1146*

EVENIMENTE INTERNATIONALE

PREMIUL PE 1995 PENTRU PROMOVAREA FONTEI DE TURNATORIE

Secretariatul international pentru fonta bruta cauta proiectanti si metalurgi din productie, cercetare, dezvoltare si învatamânt care ar fi interesati sa-si prezinte cunostintele si experienta în:

AVANTAJELE PIESELOR TURNATE DIN FONTA FATA DE CELE DIN ALUMINIU

pentru acordarea PREMIULUI PE 1995 PENTRU PROMOVAREA FONTEI DE TURNATORIE, ajutându-ne astfel sa venim în sprijinul acestei afirmatii cu experienta reala.

Secretariatul va invita sa trimiteti articole asupra avantajelor pieselor turnate din fonta fata de cele din aluminiu. Articolele trebuie sa abordeze probleme de la proprietatile tehnologice, cum ar fi rezistenta mecanica si la oboseala, proprietatile la temperaturi ridicate, rezistenta la uzura si la coroziune la considerente de cost si aspecte ale recircularii deseurilor si rebuturilor.

Contributiile trebuie sa reflecte în primul rând descoperirile proprii ale autorului în baza testelor, experientei în productie sau calculelor si bilanturilor comparative. Se vor accepta si articole bazate pe literatura de specialitate daca sunt completate cu ideile si cunostintele autorului.

Cele mai bune trei articole vor fi premiate.

Premii:

» * *1 premiu I de 10000 DM*

» * *1 premiu II de 5000 DM*

» * *1 premiu III de 5000 DM*

Daca sunt suficiente contributii de la autori sub 25 ani se intentioneaza acordarea cel putin a unui premiu pentru aceasta categorie.

Juriul este alcatuit din experti internationali.

Participantii sunt persoane sau grupuri care se ocupa cu fonta de turnatorie: proiectare, productie, cercetare, dezvoltare, învatamânt sau beneficiari.

Documentele. Articolele trebuie trimise sub forma unui eseu de maximum 10 pagini A4 de text, completate, daca e nevoie, de fotografii, desene, tabele, diagrame si analize de cost.

Articolele trebuie prezentate în una din limbile: engleza, franceza, germana, italiana, portugheza, rusa sau spaniola.

Autorii trebuie sa confirme ca sunt autorizati sa foloseasca documentele trimise la concurs si ca permit publicarea de catre secretariat.

Lucrarile finantate de Secretariatul International pentru fonta bruta sau trimise de membrii lui sunt excluse.

Data limita de trimitere: 31.03.1995

Premiile se vor da în toamna anului 1995.

Publicarea rezultatelor celor mai interesante lucrari, a unor extrase din ele, cu numele autorului si utilizarea lor pentru relatii publice de catre Secretariat sunt aprobate de autor.

Adresa: International Pig Iron Secretariat
CAST IRON PROMOTION AWARD 1995
Portfach 10.43.14
D - 40034 Düsseldorf
GERMANIA

Ente organizzatore/ Organisation/
Organization/Veranstaltung
EFIM - Ente Fiere Italiene Macchine
viale Fulvio Testi 128
20092 Cinisello Balsamo MI (Milan, Italy)
codice fiscale 94500710150
partita iva 00989270962

Per informazioni/Pour renseignement/
For information/Auskünfte erteilt
11. EMO c/o CEU - Centro Esposizioni UCIMU SpA
viale Fulvio Testi 128
20092 Cinisello Balsamo MI (Milan, Italy)
tel. (02) 26255.1 - telefax (02) 26255.214/349
telex 320212 CEU I

12 - 19 mai 1995, a 12-a expozitie de masini unelte la Milano. Participa aproximativ 1300 expozanti.
Se asteapta aproximativ 150000 vizitatori

REVISTA REVISTELOR

Revue de Métallurgie, *Franta, nr. 9, 1993*

- Simularea efectelor iradierii cu particule încarcate, p.1147

- Separarea solutiei solide de aliaje SiCu solicitata prin revenire termica, iradiere cu electroni si iradiere cu neutroni: studiul prin microscopie ionica si cu sonda atomica, p.1148

- Rolul alunecarii intergranulare în coroziunea sub tensiune a aliajelor Inconel 600 si 690, p.1149

- Modelarea segregatiilor induse sub iradiere în aliajele concentrate, p.1150

- Microstructura aplicata la evaluarea nedistructiva a defectelor aparute în oteluri datorita iradierii, p.1151

- Coroziunea sub tensiune a aliajelor X750 în mediu primar la 350^{0}C. Rolul starii suprafetei, p.1152

- Evaluarea grosimii straturilor de oxid de pe tevile de Zircalloy 4 pentru reactoare cu apa presurizata prin masurarea impedantei, p.1153

- Coroziunea otelurilor duplex: influenta oboselii dinamice asupra coroziunii, p.1154

- Cinetica propagarii fisurii de coroziune sub tensiune în aliajul 600 în mediu neutru la temperatura ridicata, p.1155

- Texturi si tensiuni în mecanisme de oxidare a Zr, p.1156

- Studiul peliculelor de oxid formate pe otelurile si aliajele inoxidabile pe baza de Ni în mediu primar, p.1157

- Structura metalurgica a aliajelor pe baza de Zircalloy, de otel inox si cea a superaliajelor. Comportamentul la coroziune, p.1158

- Studiul hidrurarii aliajelor de Zr dupa încercarea la coroziune în afara pilei, p.1159

- Aspecte microstructurale ale oxidarii aliajului Zircalloy 4 în autoclava si în reactor, p.1160

- Contributie la punerea în evidenta a efectului precipitarii hidrurilor asupra cineticii coroziunii învelisurilor din Zircalloy, p.1161

- Coroziunea sub tensiune a tevilor din aliaj 600 pentru generatoare de vapori: influenta ecruisarii suprafetei si a structurii metalurgice, p.1162

- Coroziunea sub tensiune a aliajului 600: influenta solicitarii metalice, p.1163

- Coroziunea sub tensiune a aliajului 600: propunerea unui mecanism, p.1164

- Coroziunea sub tensiune a aliajului 600: mecanismele, p.1165

- Aliajul 690, o solutie la problemele de coroziune din centralele nucleare, p.1166

- Fisurarea prin coroziune sub tensiune a otelului 316 L în solutii concentrate de acid boric + cloruri la 100 si 200^{0}C: analiza rolului acidului boric, p.1167

- Încercarea la tractiune lenta si mecanismele coroziunii sub tensiune: cazul unui aliaj de aluminiu 7150 Al-Zn-Mg-Cu, p.1168

- Efectul plumbului asupra coroziunii în mediu secundar a tevilor generatoarelor de abur din centralele nucleare cu apa presurizata, p.1169

- Oteluri inoxidabile martensitice: fragilizarea prin îmbatrânire termica sub 400^{0}C, p.1170

- Uzura tevilor generatoarelor de abur. Rezultatele încercarilor la temperatura ridicata pe masina AECL, p.1171

- Cercetari asupra uzurii prin impact-alunecare a componentelor centralelor nucleare, p.1172

- Exemple de degradare prin coroziune si fragilizarea care afecteaza materialele din otel carbon din centralele nucelare cu apa presurizata, p.1173

- Studiu asupra ductibilitatii hidrurilor, p.1174

CIDMET - SIDEROM *doreste sa contribuie la progresul tehnic în metalurgie, la transferul de tehnologie, la asimilarea de cunostinte privind problemele de mare actualitate.*

CIDMET - SIDEROM *doreste sa participe intens la îmbunatatirea calitatii produselor, la cresterea productivitatii si, în final, la succesul dumneavoastra.*

In acest scop CIDMET - SIDEROM

urmareste constant literatura mondiala de profil, pe care o prelucreaza sub diverse forme, cât mai accesibile. De asemenea, apeleaza la mari specialisti pentru elaborarea de lucrari originale, sinteze, articole etc.

CIDMET - SIDEROM va propune pentru anul 1995 publicatii periodice si informare documentara asistata de calculator

CIDMET

Centrul de Informare si Documentare pentru Metalurgie

Str. Mendeleev 21 - 25,
sector 1
70168 BUCURESTI
tel. 659 49 90
fax: 3124278, 3124276

SIDEROM - CIDMET

editeaza o serie de publicatii care se transmit firmelor din domeniul metalurgiei si constructiilor de masini din România si din alte tari.

Produsele si tehnologiile, consultanta si asistenta tehnica oferite de firma dumneavoastra pot beneficia de publicitate în materialele periodice pe care le editam si difuzam, cum sunt:

CID

- Revista Metalurgia
- Buletin de Informare Documentara
- Informatii din metalurgia mondiala
- Sumare din reviste straine de specialitate
- Noutati în siderurgie
- Indicatori tehnico-economici

Sumare din reviste est-vest
Diverse publicatii
Traduceri
Carti de vizita
Formularistica de birou

In cazul în care doriti sa va facem publicitate va rugam:
- sa ne transmiteti materialul pentru reclama în forma pe care o doriti (fotografii, diapozitive color, text, machete etc);

- sa transmiteti suma corespunzatoare publicarii reclamelor dorite la BCR SMB 301520201 Bucuresti

MET

Va stam la dispozitie pentru comunicarea tarifelor actuale

Metalurgia
Catalooge de produse
Prospecte
Buletin de informare documentara
Sinteze documentare
Indicatori tehnico-economici
Noutati din siderurgie
Informatii din siderurgia mondiala

SOCIETATEA COMERCIALA MECANICA-S.A. Mîrsa
2421, LOCALITATEA MIRSA, ORASUL AVRIG
Capital social 777 mil.lei
BCR Sibiu, cont nr. 30.16.6.05.01
Camera de Comert si Industrie a jud. Sibiu
Tel. 122/729/15.05.92/199.
Tel. (0043 2/92/55/2047, Telex 64237, Fax (0043 2/92/55/2015

umm

S.C. "MECANICA" S.A este specializata si are o experienta de peste 30 de ani in fabricatia produselor fiind foarte flexibila la adaptarea produselor la solicitarile beneficiarilor

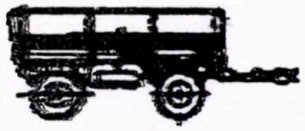
In fabricatia produselor autotractate se folosesc elemente de suprastructuri din aliaje de aluminiu laminate.

Produsele se livreaza fie pe baza de comenzi, fie ca produse standard prezentate sau adaptate la cerintele beneficiarului

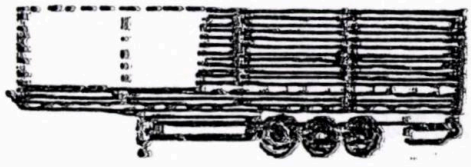
S.C. "MECANICA" S.A is a specialised company and has an experience of over 30 years, beeing flexible in adapting the products to the customer's requirements.

In the fabrication of our products we use upper structure elements made of laminated aluminium alloys.

Products are delivered as standard or specially made by request.

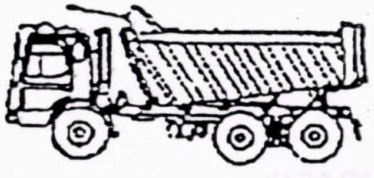


- Remorci agricole basculante sarcini utile de 3 - 8 t
- - Agricultural tipping trailers, 3-8 to payloads



- Semiremorci transport marfuri generale sarcina utila 31-32 t cu suprastructuri din aliaje Al sau otel
- Semiremorci transport containere
- Semiremorci speciale pentru transport cherestea, transport forestier, transport animale
- General goods transportation semitrailers, 31-32 tpl superstructure made of aluminium alloys or steel
- Container transport semitrailers
- Special semitrailers for cement, timber, livestock

- Semiremorci joase de tip Kassbohrer sarcina utila 20-120 t
- Autotren pentru transport marfuri generale, carosat sau cu covilir si prelata cu elemente de structura din profile laminate din aliaje Al sau otel, inclusiv remorci pentru autotren pentru sarcini utile 3-7 t
- Low bed semitrailers, 20-120 to
- General transport road trailers with tarpaulin, elements made of aluminiumalloy laminated profiles or steel shapes road trailers, 3-7 t



- Autobasculante pe autosasiuri ROMAN S.A. Brasov de 6-19 t
- Dump trucks, on ROMAN chassis 6-19 t payloads

SOCIETATEA COMERCIALA

"INTFOR - S.A." GALATI

Str.Portului nr.157 - Galati - 6200

Telefon: 0934/60766, 0934/62400, *Telefax:* 93/418366

Telex: 51224

PRODUCE SI LIVREAZA IN MOD CURENT:

TABLA LAMINATA LA CALD, grosimi 0,5-4,0 mm,din diverse calitati de otel:

- otel carbon de uz general;
- otel carbon de calitate;
- otel slab aliat,aliat si inalt aliat;
- otel de scule;
- otel inoxidabil.

TABLA ZINCATA

BANDA SI TABLA ELECTROZINCATA

TABLA CUTATA NEAGRA SAU ZINCATA

PROFILE FORMATE LA RECE (U,L,C,T,Z,TM etc.)

TEVI PROFILATE

PRODUSE DE UZ CASNIC SI GOSPODARESC:

- canistre;
- tevi;
- lopeti;
- sape;
- pubele gunoi etc.

CONSTRUCTII METALICE DIVERSE:

- paturi;
- panouri garduri ornamentale;
- balustrade;
- containere resturi menajere;
- pavele pardoseli;
- boxpaleti etc.

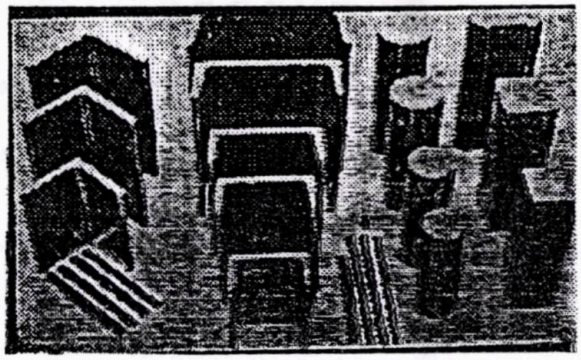
LIVRAM LA PRETURI AVANTAJOASE:

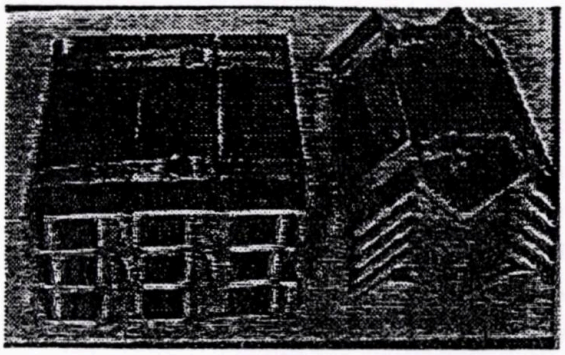
pe baza de C.E.C. oricarui agent economic de stat sau privatizat.

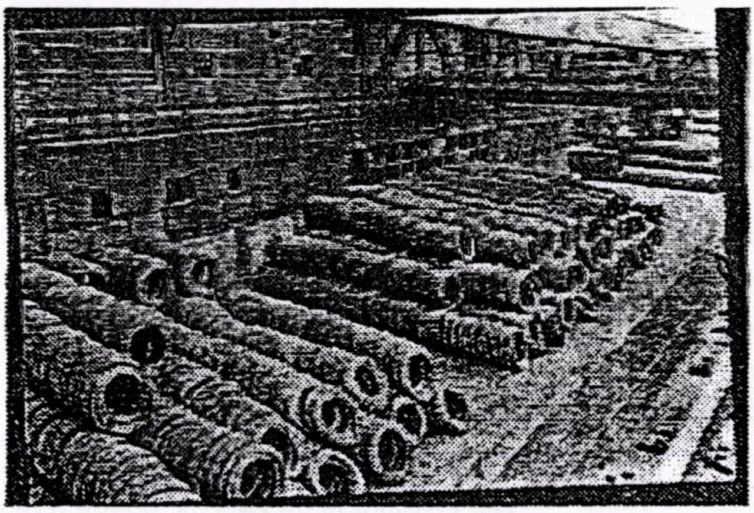
cu plata in numerar, *prin magazinul propriu,* oricarei persoane particulare.

If you'd like to know more about us, please write, call or fax:
B-dul Independentei no. 8, 5300 Focsani, Romania
Tel.: 037/914702
Telex:037/914702
Fax: 037/913823

LAMINORUL S. A. Focsani, România, is a rolling mill established as a joint stock company.
Equipped with modern plants, it makes high quality products to NID and/or Romanian standards.







We are specialized in medium size profiles, wire rod and concrete carbon steel. The gauges produced meet almost any standard specified by customers.

The chemical composition and mechanical properties of the rolled steel are controlled by our own specialized laboratories.

CEA MAI MARE FIRMA ROMANEASCA DE COMERT EXTERIOR
IN DOMENIUL METALELOR

METALEXPORTIMPORT S.A.

ROMANIA, BUCURESTI,
STR. MENDELEEV, NR. 21-25
TELEFON: 659.21.60; 659.40.90;
569.63.90; 312.04.47;659.38.50;
TELEX: 11515, FAX:312.04.46.

CALITATE, GARANTIE, COMPETITIVITATE
PRIN

S.C. METALEXPORTIMPORT S.A.

EXPORTA:

- tabla medie si groasa, inclusiv tabla navala (hot rolled heavy plates, including shipbuilding plates);
- tabla subtire laminata la rece (cold rolled steel sheets);
- tabla zincata (galvanized steel sheet);
- tabla transformator (cold rolled-oriented grain silicon steel strip);
- profile otel laminate la cald UNP, INP, corniere, otel rotund, patrat (hot rolled steel profiles-channels joists, angles, round, flat bars);
- otel beton si sirma laminata (reinforcing steel bars and wire road);
- sirma trasa din otel (drawn steel wire);
- electrozi sudura (welding electrodes);
- cuie (nails);
- lanturi industriale (industrial chaines);
- cabluri tractiune (wire ropes);
- sirma si torcane beton precomprimat (steel wire for prestressed concrete and stress relieved steel wire strands);
- cord metalic (brass plated steel cord for tyres);
- sirma taloane (bronze plated steel wire);
- tevi conducta (seamless line pipes);
- burlane foraj (casing);
- tevi sudate (welded pipes);
- blocuri aluminiu si laminate aluminiu (aluminium ingots and aluminium products).

IMPORTA:

- cocs (coke);
- carbune cocsificabil (coaking coal);
- materiale refractare (refractory products);
- minereu de fier (iron ore);
- feroaliaje (ferroalloys);
- neferoase blocuri (nonferrous ingots);
- alte materii prime necesare industriei metalurgice (other raw materials for metallurgical industry).

METALIMPORTEXPORT S.A.

este oricind la dispozitia firmelor interesate
pentru orice alte operatii de expor - impor.
Pentru orice detalii, rugam contactati-ne la adresa:.

Bucuresti - Str. Mendeleev 21-25
Tel: 00400/659.68.25; Fax: 00400/312.04.46; Telex: 11515
metal r

S.C. SIDERURGICA S.A. HUNEDOARA

Societatea Comerciala "Siderurgica" S.A. Hunedoara produce si comercializeaza la preturi competitive urmatoarele produse:

- tagle pentru tevi din otel carbon , slab aliat, aliat si inalt aliat (inoxidabil);
- blumuri si tagle din otel carbon, slab aliat, aliat si inalt aliat pentru constructia de masini;
- tagle din otel pentru rulmenti;
- profile fasonate I,U, cornier, T;
- profile pentru:
  - * senile de tractor si excavator ;
  - * brazdar de plug ;
  - * armatura de mina ;
  - * transportoare de mina ;
  - * aparate de cale ferata si sina ac ;
  - * traverse CF ;
- sirma pentru armaturi beton, tragatorii, cord metalic ;
- piese turnate si forjate ;
- utilaj pentru turnarea otelului (poduri, ingotiere, pilnii) ;
- coces metalurgic ;
- benzen, naftalina, smoala, sulf, toluen ;
- fonta de afinare si de turnatorie ;
- zgura granulata si vata de zgura ;
- calcar si var ;
- dolomita calcinata si sinterizata ;
- blocuri dolomitice ;

" Siderurgica" S.A. Hunedoara produces and commercialises at competitive prices the following products:

* carbon, low-alloyed, alloyed and high alloyed steel billets for tubes (stainless steel) ;
* carbon, low-alloyed, alloyed and high alloyed steel billets and blooms for machine building ;
* steel billets for bearings ;
* shaped sections, IPE-beams, channels, angles, T-sections ;
* profiles for :
  * tractor and excavator track shoes
  * plough shares ;
  * mine gallery supporting ;
  * mine conveyors ;
  * railroad accessories siding rail ;
* wire for concrete reinforcements, for drawing, metallic cord ;
* cast and forged pieces ;
* equipment for steel casting (platforms, moulds, funnels) ;
* metallurgical coke ;
* benzene, naphthalene, tar, sulphur, toluene ;
* refining and cast pig iron ;
* granulated slag and slag wadding ;
* lime and chalkstone ;
* calcined and sintered dolomite ;
* dolomitic blocks ;

THE LONG PRODUCTS LEADING COMPANY IN ROMANI

International
Leading Company
Award Madrid 1991

Euromarket Award 1992
European Market Research
Center

XXIII International Award
For Commercial Prestige
Madrid 1993

You can contact us :
Ne puteti contacta :

8, Constantin Bursan Street
2750, HUNEDOARA
ROMANIA

Telephone Exchange : +40/95/716121,716131,716521
General Manager : +40/95/712783
Comercial Manager : +40/95/712784
Telex : 72411 cbsid-r, 72412 cbsid-r
Telefax : +40/95/712266, 716008, 717650